

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки Геология
Кафедра геоэкологии и геохимии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ОЦЕНКА РОЛИ ПАЛЕОВУЛКАНИЗМА В НАКОПЛЕНИИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В УГЛЯХ ЧЕРНОГОРСКОЙ СВИТЫ МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА
УДК 553.493.5:553.94:551.21:551.8(571.513)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5А	Вергунов Алексей Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Арбузов С.И.	Д.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф И.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Язиков Е.Г.	Д.Г.-М.Н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 05.04.01)

Геология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Выпускник готов применять глубокие базовые и специальные естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач обеспечения минерально-сырьевой базы и рационального природопользования
Р2	Выпускник способен производить подсчет запасов и оценку ресурсов, провести поиск и подбор максимально рентабельных технологий добычи, схем вскрытия руды на месторождениях, осуществлять геологическое сопровождение разработки месторождений нефти и газа. Способен, выполнять моделирование для оценки достоверности запасов и выбора кондиционных параметров, разработать ТЭО кондиций для участков выборочной детализации.
Р3	Выпускник способен осуществлять поиски и разведку месторождений нефти, газа, газового конденсата; организовать и провести сбор, анализ и обобщение фондовых геологических, геохимических, геофизических и других данных, разрабатывать прогнозно-поисковые модели различных геолого-промышленных типов месторождений, формулировать задачи геологических и разведочных работ.
Р4	Может совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы и методики исследования вещества, проведения ГРП, технико-технологические решения, вести поиск новых технологий добычи и переработки руд и углеводородного сырья. Может самостоятельно выполнять лабораторные и экспериментальные геолого-геофизические и минералого-геохимические исследования с использованием современных компьютерных технологий.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
Р5	Обладает высоким уровнем стремления показать высокие результаты, готовностью взять на себя дополнительную ответственность Проявляет оптимизм. Задумывается о том, что выходит за рамки ситуации и др.
Р6	Способен отказаться от традиционных подходов, генерировать новые идеи и подходы. Способен найти новые возможности развития в неопределенных ситуациях и др.
Р7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
Р8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в геологоразведочной сфере.
Р9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки Геология
Кафедра геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Язиков Е.Г.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ5А	Вергунову Алексею Викторовичу

Тема работы:

**ОЦЕНКА РОЛИ ПАЛЕОВУЛКАНИЗМА В НАКОПЛЕНИИ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В
УГЛЯХ ЧЕРНОГОРСКОЙ СВИТЫ МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

от 09.03.2017 г. №1555/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Образцы тонштейнов и вмещающих их углей чернойгорской свиты Минусинского угольного бассейна

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Пирокластическое вещество в углях; тонштейны и рассеянная пирокластика в углях черногорской свиты Минусинского бассейна; минералого-геохимическая идентификация первичного состава тонштейнов и их влияние на состав вмещающих углей</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1 геологическая карта Минусинского угольного бассейна; 2 геологическая карта Черногорского месторождения; 3 геологическая карта Бейского месторождения</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>доцент кафедры ЭПР, к.э.н. Шарф И.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>ассистент кафедры ЭБЖ, Кырмакова О.С.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Пирокластическое вещество в углях</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Арбузов С.И.	д.г.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5А	Вергунову Алексею Викторовичу		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ5А	Вергунову Алексею Викторовичу

Институт	ИПР	Кафедра	ГЭГХ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Геология / Геология месторождений стратегических металлов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Сметная стоимость камеральных работ (Н.И.Р)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ССН-92; СНОР-93
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс Российской Федерации

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Расчет стоимости ОЗП, амортизации, материалов
2. Разработка научно-исследовательской работы.	Составление плана исследований по анализу геохимии углей
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление сметной стоимости по изучению геохимии углей
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Обоснование необходимости изучения геохимии углей

Перечень графического материала:

1. Диаграмма финансовых затрат

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.04.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф И.В.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5А	Вергунов А.В.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 2ЛМ5А	ФИО Вергунову Алексею Викторовичу
------------------------	---

Институт	ИПР	Кафедра	ГЭГХ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Геология / Геология месторождений стратегических металлов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	Компьютерный кабинет в 20 корпусе Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p>Камеральные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> Отклонение параметров микроклимата в помещении; Недостаточная освещенность рабочей зоны; Степень нервно-эмоционального напряжения монотонный режим работы. <p>Камеральные работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> Электрический ток; Пожарная опасность.
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<p>Все работы должны быть выполнены безопасным образом при соблюдении следующих принципов:</p> <ul style="list-style-type: none"> оказывать наименьшее негативное воздействие на окружающую среду; сохранять и рационально использовать природные ресурсы; обеспечивать промышленную безопасность производственных процессов, снижать вероятность возникновения аварийных ситуаций; оперативно и качественно восстанавливать нарушенные в результате производственной деятельности компоненты окружающей среды.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Тушение лесного пожара: - сбить пламя и остановить распространение огня на основных направлениях; - тушение кромки во всех направлениях, остановка распространения огня и частичная локализация; - ликвидация отдельных очагов горения, том числе за линией локализации; - окарауливание и дотушивание возобновляющихся очагов.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Меры безопасности при эксплуатации производственных объектов.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.04.16
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5А	Вергунов Алексей Викторович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 116 с., 20 рис., 28 табл., 138 источников, 1 прил.

Ключевые слова: уголь, тонштейны, геохимия, минералогия, условия образования.

Объектом исследования являются тонштейны и вмещающие их угли черногорской свиты Минусинского угольного бассейна.

Цель работы – оценить роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях черногорской свиты Минусинского бассейна.

В процессе исследования проводилось: изучение элементного состава тонштейнов и вмещающих углей, петрографический анализ тонштейнов, диагностика состава глинистого вещества тонштейнов рентгенофазовым анализом, электронно-микроскопические исследования.

В результате исследования проведена идентификация тонштейнов на основе их минералого-геохимических особенностей, оценено влияние тонштейнов на химический состав вмещающих углей.

Область применения: полученные данные могут быть использованы при дальнейшем изучении геохимии углей Минусинского угольного бассейна, для корреляции угольных месторождений внутри бассейна.

Оглавление

Введение	11
1 Минусинский угольный бассейн	13
1.1 Общие сведения	13
1.2 История изучения и освоения бассейна.....	15
1.3 Стратиграфия.....	16
1.4 Тектоника.....	17
1.5 Запасы и ресурсы углей.....	19
2 Черногорское месторождение	20
2.1 История изучения и эксплуатации	22
2.2 Геологическое строение	22
2.3 Угленосность	24
3 Бейское месторождение.....	26
3.1 История изучения и эксплуатации	27
3.2 Геологическое строение	27
3.3 Угленосность	30
4 Объект и методы исследования	32
4.1 Лабораторно-аналитические исследования	32
4.1.1 Пробоподготовка	32
4.1.2 Определение влажности и зольности угля и подготовка проб для РФА.	33
4.1.3 Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА).....	34
4.1.4 Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP MS).....	36
4.1.5 Инструментальный нейтронный активационный анализ (ИНАА).....	38
4.1.6 Атомно-абсорбционный анализ методом «холодного пара».....	40
4.1.7 Другие методы анализа	41
4.2 Методика обработки информации	42
5 Пирокластическое вещество в углях	43
5.1 Типы пирокластического вещества в углях	43
5.2 Механизмы образования тонштейнов	44
6 Тонштейны и рассеянная пирокластика в углях черногорской свиты Минусинского бассейна	48
6.1 Изученность тонштейнов Минусинского угольного бассейна	48
6.2 Особенности минерального состава тонштейнов черногорской свиты.....	48
6.3 Геохимические особенности тонштейнов	51
7 Минералого-геохимическая идентификация первичного состава тонштейнов и влияние пирокластики на состав вмещающих углей.....	58
7.1 Методы определения первичного состава тонштейнов.....	58
7.1.1 Определение первичного состава тонштейнов с помощью диаграммы Винчестера и Флойда	58

7.1.2	Определение первичного состава тонштейнов с помощью литохимических модулей.....	60
7.2	Влияние пирокластики на химический состав вмещающих углей	64
7.2.1	Влияние пирокластики на геохимию углей Бейского месторождения....	64
7.2.2	Влияние пирокластики на геохимию углей Черногорского месторождения	71
8	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	78
8.1	Расчет затрат времени, труда, материалов, оборудования	79
9	Социальная ответственность при оценке роли палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях черногорской свиты Минусинского бассейна	84
9.1	Профессиональная социальная безопасность в компьютерном помещении	85
9.1.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	85
9.1.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	89
9.2	Экологическая безопасность.....	91
9.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров.....	93
9.4	Законодательное регулирование при работах профессионально связанных с эксплуатацией персонального компьютера.....	97
	Заключение.....	99
	Список публикаций	100
	Список используемых источников.....	101
	Приложение А. Pyroclastic substance in coals.....	117

Введение

Угольные бассейны и месторождения могут различаться по уровню накопления редких элементов-примесей и характеру их распределения по латерали и в разрезе угленосных отложений. Большое количество исследований свидетельствует о существенных различиях их средних содержаний в угольных бассейнах, расположенных в различных блоках земной коры. Эта зависимость содержания химических элементов-примесей в углях от особенностей геологического строения и состава пород области питания была выявлена еще на ранних этапах исследования геохимии углей [9, 45, 39, 40]. А также широко использовалась для объяснения причин образования аномальных концентраций элементов-примесей [42, 44, 32, 6, 91]. В целом, природа накопления элементов-примесей в углях достаточно детально изучена и выделены основные факторы, ответственные за формирование металлоносных углей. Среди них геотектонический фактор, особенности петрофона области питания бассейнов угленакопления, фактор угольного метаморфизма, фактор субсинхронного угленакоплению вулканизма и эпигенетические факторы (гидротермальные процессы, гипергенное окисление углей).

Влияние фактора синхронного вулканизма на формирование геохимического фона редких элементов-примесей в угольных месторождениях и бассейнах в полной мере еще не оценено. Только в последние десятилетия ученые подошли к пониманию глобальной роли вулканизма в формировании геохимического фона [70].

В углях и углевмещающих породах разного возраста давно отмечалось наличие пирокластического материала, Дж. Д. Вайн рассматривал вулканические туфы и примесь пирокластики в лигнитах в качестве источника повышенного содержания в них урана [11].

Влияние вулканизма на угленосные отложения многообразно и заключается в обогащении грунтовых и поверхностных вод химическими элементами, а также в атмосферном переносе и выпадении пирокластического

материала и аэрозолей в области торфонакопления. Более достоверные оценки влияния субсинхронного вулканизма на формирование редкометалльного спектра углей могут быть получены при изучении погребенного пирокластического материала и реставрации ее первоначального состава [6, 46].

Объект исследования – тонштейны и вмещающие их угли черногорской свиты Минусинского угольного бассейна. Предметом исследования является оценка роли пирокластического материала в накоплении редких металлов в углях.

Цель работы: оценить роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях черногорской свиты Минусинского бассейна.

Основные задачи исследования:

- 1) идентифицировать тонштейны на основе анализа их минералогическо-геохимических особенностей;
- 2) оценить влияние тонштейнов на химический состав вмещающих углей.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору кафедры ГЭГХ Арбузову С.И., за всестороннюю помощь при выполнении работы, а также с. н. с., руководителю ядерно-геохимической лаборатории кафедры ГЭГХ Судыко А.Ф. и сотруднику лаборатории Багутской Л.В. за выполнение анализов методом ИНАА; ассистенту кафедры ГЭГХ Ильинку С.С., за помощь в исследованиях минералогического состава тонштейнов Минусинского угольного бассейна с использованием электронного микроскопа; инженеру кафедры ГЭГХ Усольцеву Д.Г. за помощь в исследовании глинистой фракции тонштейнов с помощью порошкового дифрактометра.

1 Минусинский угольный бассейн

1.1 Общие сведения

Минусинский угольный бассейн расположен в одноименной котловине окруженной горными сооружениями Кузнецкого Алатау на западе, Западного Саяна на юге и юго-востоке и Восточного Саяна – на востоке. В северном направлении Минусинская котловина через систему более локальных котловин плавно переходит в Западно-Сибирскую низменность (рис.1.1).

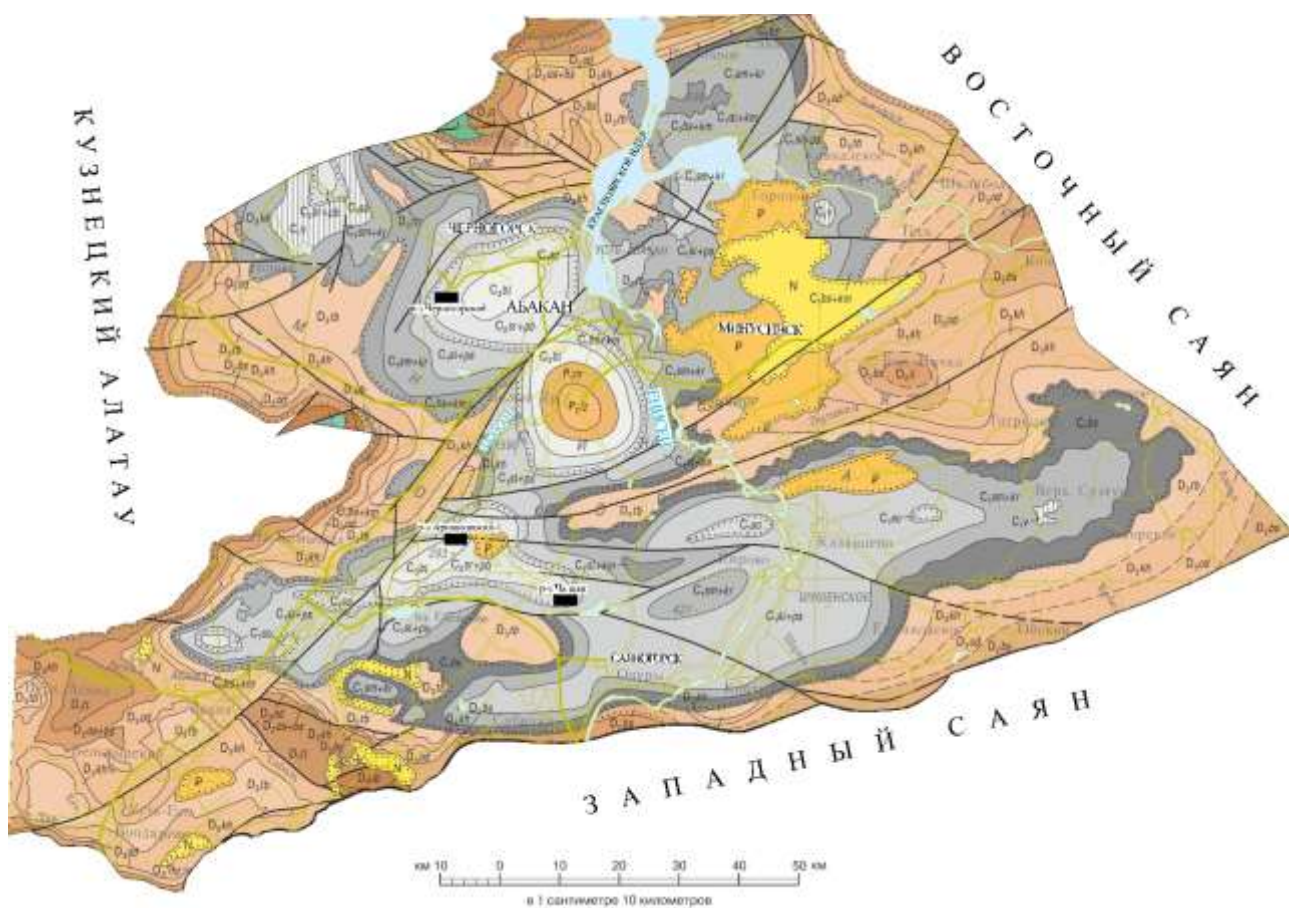


Рисунок 1.1 – Геологическая карта Минусинского угольного бассейна (по [Государственная геологическая...] с дополнениями автора)

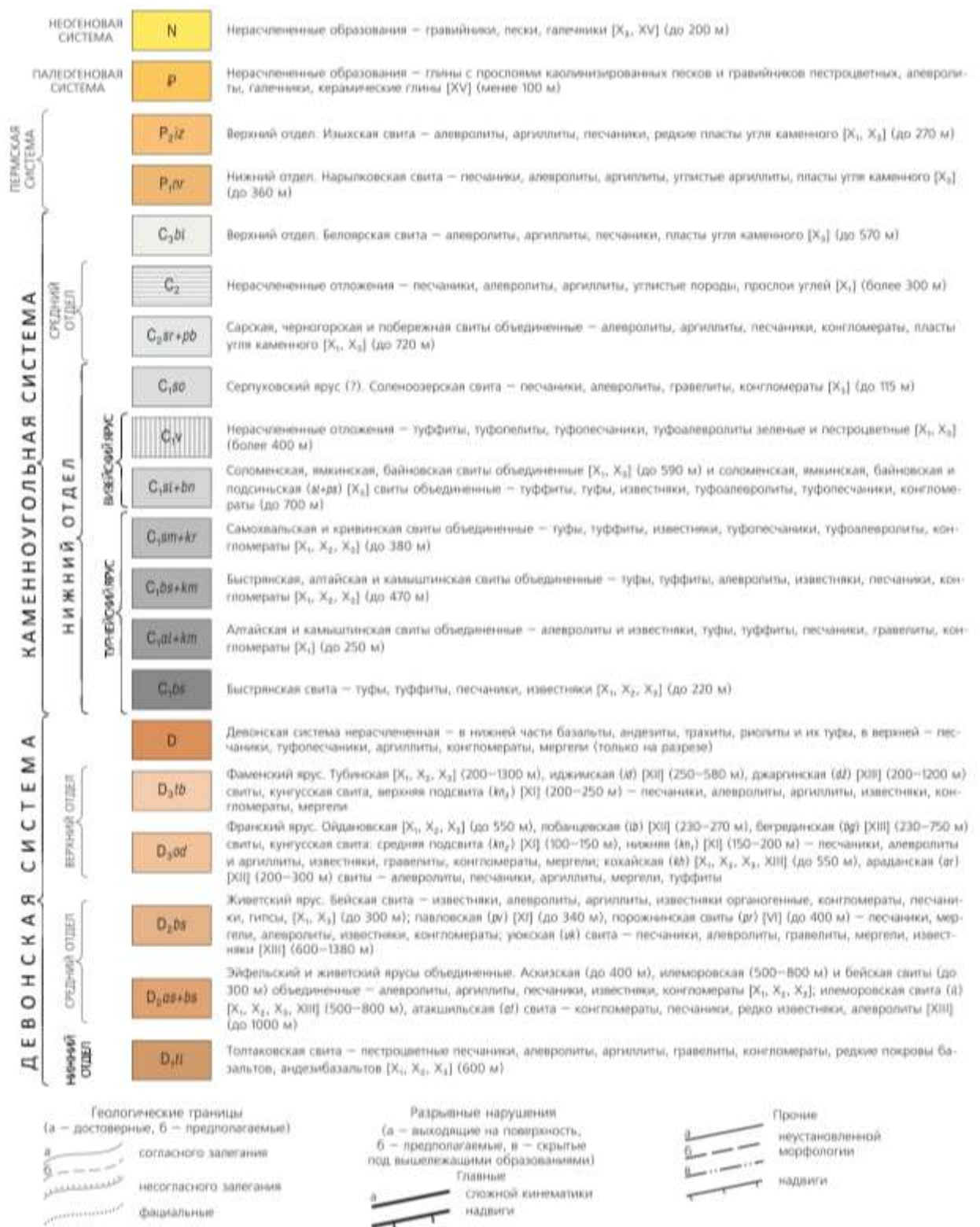


Рисунок 1.2 – Условные обозначения к рисунку 1.1 [19].

Приенисейская левобережная часть бассейна, где сосредоточены основные промышленные месторождения, находится в Республике Хакасия, правобережная охватывает Каратуский, Куранинский, Краснотуранский,

Минусинский, Ермаковский и Шушенский районы Красноярского края. Минусинский прогиб разделяется на три крупные впадины: на юге находится Южно-Минусинская впадина, охватывающая бассейн р. Енисей с притоками Абакан, Туба. Севернее расположены безугольная Сыдо-Ербинская впадина, отделенная от Южно-Минусинской хребтом Оглахты и Северо-Минусинская, занимающая значительную площадь в верхнем течении р. Чулым и отделенная Батеневским кряжем от Южно-Минусинской и Сыдо-Ербинской.

Промышленные месторождения каменных углей сосредоточены в Южно-Минусинской впадине, с которой собственно и связывается понятие Минусинского угольного бассейна. Общая площадь бассейна по внешнему контуру наддевонской части разреза составляет 8100 км², а площадь распространения собственно угленосных образований – 1100 км². Продуктивная толща сложена нижнекаменноугольными – верхнепермскими отложениями.

Рельеф Южно-Минусинской впадины преимущественно равнинный, осложненный одиночными холмами и куэстовыми грядами. На левобережье р. Енисей расположена равнина, на юге которой протягивается низинно-пустынная Кайбальская степь, на площади которой отмечаются участки с золотыми дюнами котлами выдувания.

Крупной судоходной водной артерией является р. Енисей с основными притоками – реками Абакан и Туба. Долину р. Енисей от устья р. Тубы до г. Дивногорска занимает Красноярское водохранилище шириной 2-8 км, глубиной до 20 м.

1.2 История изучения и освоения бассейна

Первые сведения об углях Минусинского бассейна были представлены академиком П.С. Палласом в 1778 г. С 1904 г. на юге Минусинского бассейна началась добыча угля, сопровождавшаяся исследованиями, которые привели к открытию Черногорского (1907) и Аскизского (1912) месторождений, и

началось систематическое изучение угленосных отложений В.А. Обручевым, А.Н. Чураковым, М.Л. Усовым, Я.С. Эдельштейном и др.

Первая геологическая съемка масштаба 1:200 000 на территории Южно-Минусинской впадины началась в 1926 г. под руководством Г.А. Иванова, в результате которой был оконтурен Минусинский угольный бассейн, изучены Черногорское и Изыхское месторождения, составлена первая стратиграфическая схема угленосных отложений.

В 1940-1950 гг. были проведены крупномасштабные геологические съемки в районах Биджинского поднятия, Кавказской, Петрашиловской, Алтайской и др. Антиклиналей, созданы стратиграфические схемы нижнекаменноугольных (А.В. Тыжнов, О.В. Тыжнова) и девонских (Н.А. Беляков, В.С. Мелещенко) отложений. В 60-е годы были проведены геологические съемки масштаба 1 : 200 000 и изданы полистные Государственные геологические карты.

Систематическое изучение конкретно угольных месторождений бассейна начато И.С. Педаном (1951), В.В. Соловьевым (1952), И.А. Санжарой (1954). С 1930 по 1960 г. на площади трёх крупнейших месторождений проводятся, с разной степенью детальности, поисково-разведочные работы, направленные на подготовку участков под шахтное строительство и создание разреза для угольной отрасли. В 1970-1990 г. эти работы были ориентированы на подготовку участков под открытую разработку углей.

1.3 Стратиграфия

Угленосные отложения, слагающие продуктивную толщу Минусинского бассейна, выполняют верхнюю часть дейтероорогенного формационного комплекса в пределах Южно-Минусинской впадины Минусинского прогиба. Угленосная формация бассейна включает отложения от соленоозерской свиты серпуховского яруса нижнего карбона до изыхской свиты верхней перми включительно. Формированию угленосной формации предшествовала

структурная перестройка, которая привела к размыву подстилающих отложений нижнего карбона.

Фундамент Минусинского прогиба представлен метаморфизованными комплексами, вулканогенно-осадочными и осадочными отложениями докембрия, кембрия, силура, прорванными интрузиями гранитов, диоритов, щелочных сиенитов. Он залегает на глубине 5700-7000 м и выходит на дневную поверхность в окружающих прогиб горных сооружениях Кузнецкого Алатау, Восточного и Западного Саяна. Разрез Минусинского прогиба представлен терригенно-эффузивными, терригенными и угленосными комплексами пород палеозоя, мезозоя, кайнозоя и покровными четвертичными отложениями.

Девонский структурно-вещественный комплекс расчленяется на нижне-среднедевонские красноцветные континентальные эффузивно-терригенные отложения; среднедевонские сероцветные лагунно-морские глинисто-карбонатные и средне-верхнедевонские пестроцветные красноцветные континентальные терригенные отложения.

Каменноугольные отложения имеют широкое распространение в пределах Минусинского прогиба; они представлены тремя отделами системы и образуют две формации: пестроцветную осадочно-телепирокластическую и лимническую угленосную. Осадочно-телепирокластический комплекс пород, залегающий несогласно на красноцветных песчаниках и алевролитах верхнего девона, расчленяется на отложения турнейского яруса.

Нижняя граница лимнической угленосной формации несогласная и проводится в основании маломощного горизонта конгломератов, фиксирующего появление первых углистых аргиллитов и углей, и совпадает с подошвой серпуховского яруса.

1.4 Тектоника

В региональном структурном плане Минусинский межгорный прогиб представляет собой систему позднепалеозойских впадин, наложенных на

складчатый комплекс каледонид восточной части Алтае-Саянской складчатой области. Структура комплекса основания, слагающего нижний структурный этаж, сформирована в конце кембрия – раннем ордовике в результате интенсивной складчатости и внедрения коллизионных гранитоидов тыгertyшского комплекса.

В раннюю стадию дейтероорогена, с середины ордовика до раннего девона, территория являлась областью устойчивого воздымания. В это время происходило излияние вулканитов имирской и кошкулакской свит – пород, слагающих нижний ярус верхнего структурного этажа.

Формирование Минусинского межгорного прогиба началось в раннем девоне, когда вся консолидированная область испытала дробление при проявлении активного вулканизма преимущественно основного состава. В это время происходило накопление вулканогенно-осадочной, песчано-алеврито-известковой и терригенно-карбонатной формаций, слагающих второй ярус верхнего структурного этажа.

Ранний карбон ознаменовался незначительной структурной перестройкой, когда в пределах краевых частей межгорных прогибов формировались вулканические постройки, пирокластический материал которых наряду с привнесенными терригенными и сформированным в местных акваториях хемогенным, явился составной частью осадочно-телепирокластической формации третьего структурного яруса.

Смена режима активной платформы на более спокойный произошла в серпуховском веке раннего карбона. Она выразилась в частичной перестройке складчатого обрамления и смене областей сноса, также прекращении вулканической деятельности. Спокойный платформенный режим, благоприятная экология способствовали интенсивному развитию растительных сообществ и формированию угленосной формации, охватившей период от раннего карбона до поздней перми включительно.

Минусинский угольный бассейн оконтуривается по подошве нижнекаменноугольных отложений быстринской свиты, и его площадь

значительно меньше площади Минусинского межгорного прогиба, границы которого проводятся по основанию раннедевонских дейтероорогенных формационных подкомплексов. Девонские отложения выполняют структуры обрамления, оконтуривающие Минусинский угольный бассейн.

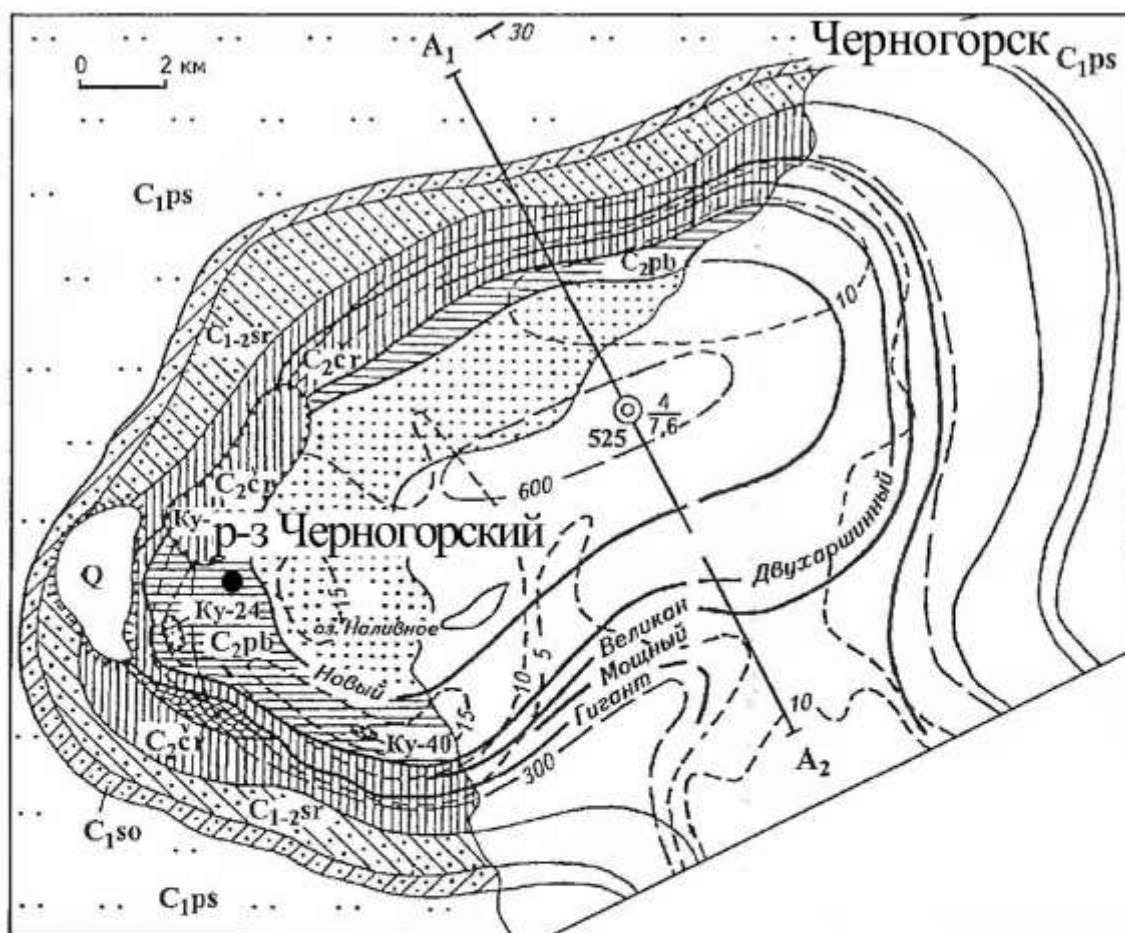
1.5 Запасы и ресурсы углей

Общие геологические запасы углей бассейна оцениваются в 22078 млн т, из них для открытых работ 3644 млн т. Прогнозные ресурсы составляют 16727 млн т (все они для подземных работ). Российским балансом по состоянию на 1.01.1999 г. по бассейну учтено 5303 млн т угля, из них по категориям А+В+С₁ – 4909, С₂ – 394 и забалансовых 4003 млн т. [36].

Минусинский бассейн принадлежит к освоенным угольной отраслью промышленности и характеризуется благоприятными горно-геологическими условиями разработки как открытым, так и подземным способом. В бассейне подготовлен значительный резерв разведанных запасов углей, пригодных для разработки наиболее прогрессивным и экономичным открытым способом.

Минусинский бассейн является достаточно крупной и надежной топливно-энергетической базой угольной отрасли промышленности Восточной Сибири.

2 Черногорское месторождение



Масштабы: горизонтальный 1:200000
вертикальный 1:100000

Разрез по линии A₁-A₂

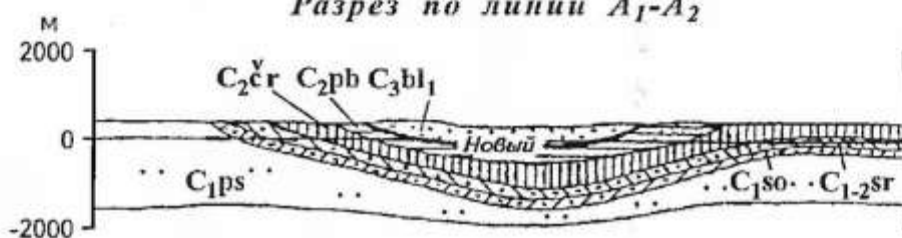


Рисунок 2.1 – Геологическая карта Черногорского месторождения (По А.Н. Федотову, 1996) [36].

Месторождение расположено на левобережье р. Енисей в 10 км северо-западнее устья р. Абакан, занимает площадь 250 км² и административно входит в Усть-Абаканский район Республики Хакасия. Его прорезает р. Енисей с

притоками Абакан, Ташеба, Биджа. Геоморфологически вся площадь месторождения подразделена на две части: долинную и береговую. Долинная (юго-восточная) часть располагается под верхними террасами широких долин рек Абакан и Енисей, имеющими равнинный рельеф. На северо-западе площади рельеф кустово-грядовый, отражающий геологическое строение района (холмы и сопки сложены устойчивыми к выветриванию породами). С севера площадь месторождения ограничена Кунинским хребтом (рис. 2.1).

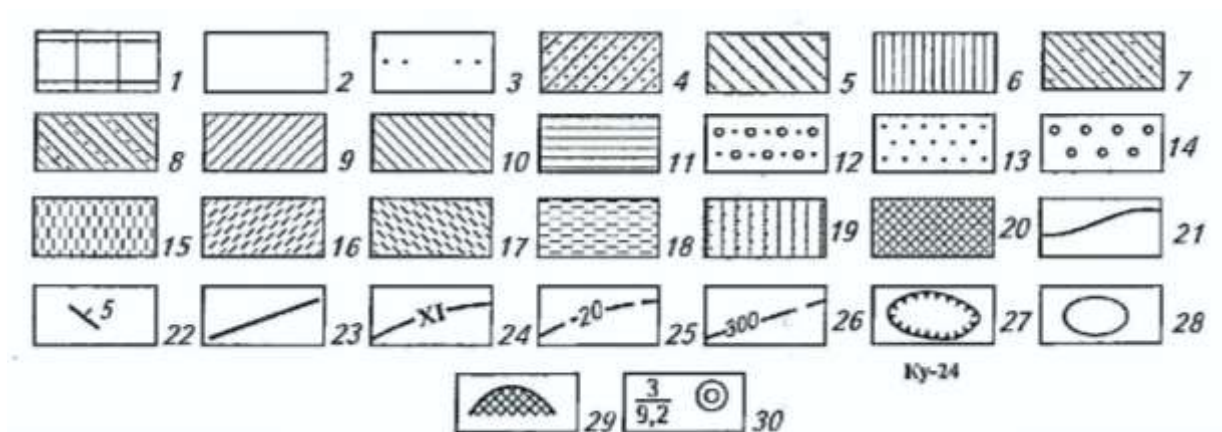


Рисунок 2.2 – Условные обозначения к рисунку 2.1

1-2 – отложения: 1 – подугленосные нижнекаменноугольные (C_1), 2 кайнозойско-четвертичные (Q); 3-18 – свиты, посвиты: 3 – подугленосная подсиньская (C_{1ps}), 4 – соленоозерская (C_{1so}), 5 – сарская (C_{1-2sr}), 6 – черногорская ($C_2\check{c}r$), 7 – объединенные нижняя и средняя пачки ($C_2\check{c}r^{1+2}$), 8 – верхняя пачка ($C_2\check{c}r_3$), 9 – нижнечерногорская ($C_2\check{c}r_1$), 10 – верхнечерногорская ($C_2\check{c}r_2$), 11 – побережная (C_2pb), 12 – белоярская (C_3bl), 13 – нижнебелоярская (C_3bl_1), 14 – верхнебелоярская (C_3bl_2), 15 – нарылковская (P_1nr), 16 – нижненарылковская (P_1nr_1), 17 – верхненарылковская (P_1nr_2), 18 – изыхская (P_2iz); 19-20 – объединенные свиты: 19 – соленоозерская+сарская ($C_{1so}+C_{1-2sr}$), 20 – черногорская+побережная ($C_2\check{c}r+pb$); 21 – геологические границы; 22 – элементы залегания слоев; 23 – разрывные нарушения; 24 – угольные пласты и их номера; 25 – изолинии суммарной мощности угольных пластов; 26 – изопакиты угленосной фации; 27 – карьеры, разрезы (цифра – глубина карьера в м, Ку – каменный уголь); 28 – отвалы; 29 – площади выгорания угольных

пластов; 30 – опорные разрезы (номер скважины, в числителе – количество пластов, знаменателе – их суммарная мощность в м) [36].

2.1 История изучения и эксплуатации

Первые сведения о месторождении относятся к 1907 г., а добыча угля кустарными шахтами началась уже в 1908 г. Первые разведочные работы проводились в 1920-1933 гг. и в 1947-1958 гг. с целью создания резерва для шахтного строительства.

В настоящее время на месторождении выделены и подсчитаны запасы по 30 участкам, действуют две шахты – Хакасская и Енисейская, три угледобывающих разреза: Черногорский, Абаканский, Степной, которые дают более 80% годовой добычи по бассейну, выделены также площадь разреза Енисейский.

2.2 Геологическое строение

Месторождение расположено в северо-западной части Южно-Минусинской впадины и приурочено к Черногорской мульде, представляющей брахисинклиналь с пологими бортами ($2-6^\circ$), вытянутую в северо-восточном направлении и сложенную угленосными отложениями мощностью 600 м. Глубина залегания основных рабочих и пластов до 300 м, простирание пластов северо-восточное с падением на юго-восток. Дизъюнктивные нарушения с амплитудой смещения до 3,5 м установлены по горным выработкам шахт Енисейская, Хакасская и разреза Черногорский. Продуктивная толща сложена ниже-верхнекаменноугольными отложениями от соленоозерской свиты до нижних горизонтов белоярской включительно. Представлена конгломератами – 12%, песчаниками – 23, алевролитами – 40,3, аргиллитами – 18, углистыми аргиллитами – 1,3, углями – 5,4.

От Изыхского месторождения угленосные отложения Черногорской мульды отделяются антиклинальным перегибом и связаны с ним нижней частью угленосной толщи (соленоозерской, сарской и нижними горизонтами черногорской свит). В Черногорской мульде замыкаются угольные пласты белоярской и верхней части черногорской свит.

Соленоозерская свита (C_{1so}) – залегает трансгрессивно на тонкообломочных зеленовато-серых отложениях подсиньской свиты. Отложения свиты прослеживаются вдоль бортов Черногорской мульды, за исключением западной и юго-западной частей, где они в настоящее время не установлены. В основании разреза залегают песчаники (10-20 м) с мощными прослоями и линзами конгломератов и гравелитов. Свита сложена чередующимися пачками зеленовато-серых алевролитов и 3-5 пластов и пропластков зольных углей, суммарной мощностью 2,0-3,5 м.

Сарская свита (C_{1-2sr}) – нижняя граница ее проводится по подошве пачки конгломератов, верхняя – в основании мощной пачки песчаников, перекрывающих сближенную группу из трех-пяти тонких угольных пластов. Комплекс пород залегает на отложениях соленозерской свиты, а при их выклинивании, – непосредственно на отложениях подсиньской свиты. Нижняя половина разреза (100 м) сложены песчаниками с прослоями гравелитов, линзами конгломератов, чередующихся с маломощными пачками алевролитов, и 8-10 угольными пластами и пропластками, из них четыре рабочей мощности. Верхняя половина свиты (130 м) представлена алевролитами, песчанистыми алевролитами, содержащими маломощные прослои песчаников и 15-17 угольных пропластков. Мощность отложений 230-240 м.

Черногорская свиты (C_{2cr}) – верхняя граница проходит по кровле пласта Непостоянного. Подразделяется на две подсвиты, граница между которыми проводится по кровле пачки песчаников, залегающей ниже пласта Трехаршинного.

В основании разреза прослеживается мощная (20-35 м) пачка песчаников с линзами гравелитов и конгломератов. Выше залегают серые,

темно-серые алевролиты с маломощными прослоями песчаников и 12 угольными пластами и пропластками. Мощность нижней подсвиты 90-110 м. Верхняя подсвиты – самая угленасыщенная часть разреза продуктивной толщи и содержит промышленные пласты углей. Подсвита состоит из темно-серых, серых алевролитов с прослоями серых песчаников, иногда с линзами конгломератов, гравелитов. Мощность верхней подсвиты 140-150 м, полная мощность отложений свиты – 230-240 м.

Побережная свита (C_2pb) – представлена чередованием темно-серых, черных аргиллитов и алевролитов, в том числе углистые, с конкрециями сидерита и маломощных прослоев серых, темно-серых песчаников в верхней части разреза. Это маркирующий горизонт месторождения мощностью 45-50 м, который увеличивается в юго-восточном направлении (к Изыхской мульде) до 60 м.

Белоярская свита (C_3bl) – связана с бережной постепенными переходами. Нижняя граница фиксируется по подошве маломощной пачки песчаников, залегающих в основании угольного пласта Новый. В нижней части разреза свиты, в пачке темно-серых алевролитов и аргиллитов, содержащих маломощные прослои темно-серых песчаников, залегают два угольных пласта Новый и Малый мощностью. Эти угольные пласты завершают бережный макроритм и генетически связаны с отложениями бережной свиты. Выше залегают мощные пачки серых, светло-серых песчаников, чередующихся с маломощными пачками алевролитов в соотношении 2:1. Они содержат прослои пепловых туфов, мергелей и невыдержанные угольные пласты. Мощность отложений 80-90 м. Верхние горизонты угленосной толщи, возможно, эродированы.

2.3 Угленосность

Продуктивная толщ содержит 48-50 угольных пластов и пропластков, из них 10 промышленного значения. Наибольшую промышленную ценность

имеют пласты Великан-I-II, Мощный, Гигант-I-III. Ранее отрабатывались пласты Малый, Новый, Двухаршинный, Совхозный. Максимальная угленосность отмечается на юго-западной и западной площадях месторождения.

Максимальную угленасыщенность имеет черногорская свита, содержащая 22 угольных пласта и пропластка, суммарной мощностью 27-30 м. Рабочие пласты угля сосредоточены в верхней подсвите черногорской свиты. Угольные пласты относятся к пластам средней мощности (общая мощность – 2,42-3,98 м, полезная 2,07-3,30) и характеризуются сложным строением, с мощностью породных прослоев, часто сидеритизированных – от 0,05 до 0,95 м. Мощности угольных пачек по отдельным пластам колеблются от 0,40 до 4,65 м.

На площади месторождения выделено 30 участков для шахтной и открытой отработки углей. Из общего количества балансовых запасов шахтным способом освоено 3,4%, открытым способом – 12,6%. Общее количество кондиционных ресурсов Черногорского месторождения оценивается в 2252 млн т, из них учтённых Госбалансом – 1630 млн т [36].

3 Бейское месторождение

Расположено в междуречье рек Абакан и Енисей, на правом берегу р. Абакан, в 20-25 км юго-западнее Изыхского месторождения. Административно относится к Алтайскому и Бейскому районам Республики Хакасия. Площадь месторождения является северной частью Кайбальской степи. По северо-восточной и юго-западной периферии месторождения развиты эоловые дюны и котлы выдувания. В 20 км к юго-востоку от месторождения протекает р. Енисей с притоками, в 2-3 км от северо-западной границы – р. Абакан с притоками Бейка и Аршановка. На северо-восточной и восточной окраине месторождения имеется большое количество озер-останцов древнего русла р. Енисей, приуроченных к мелким депрессиям (рис. 3.1).

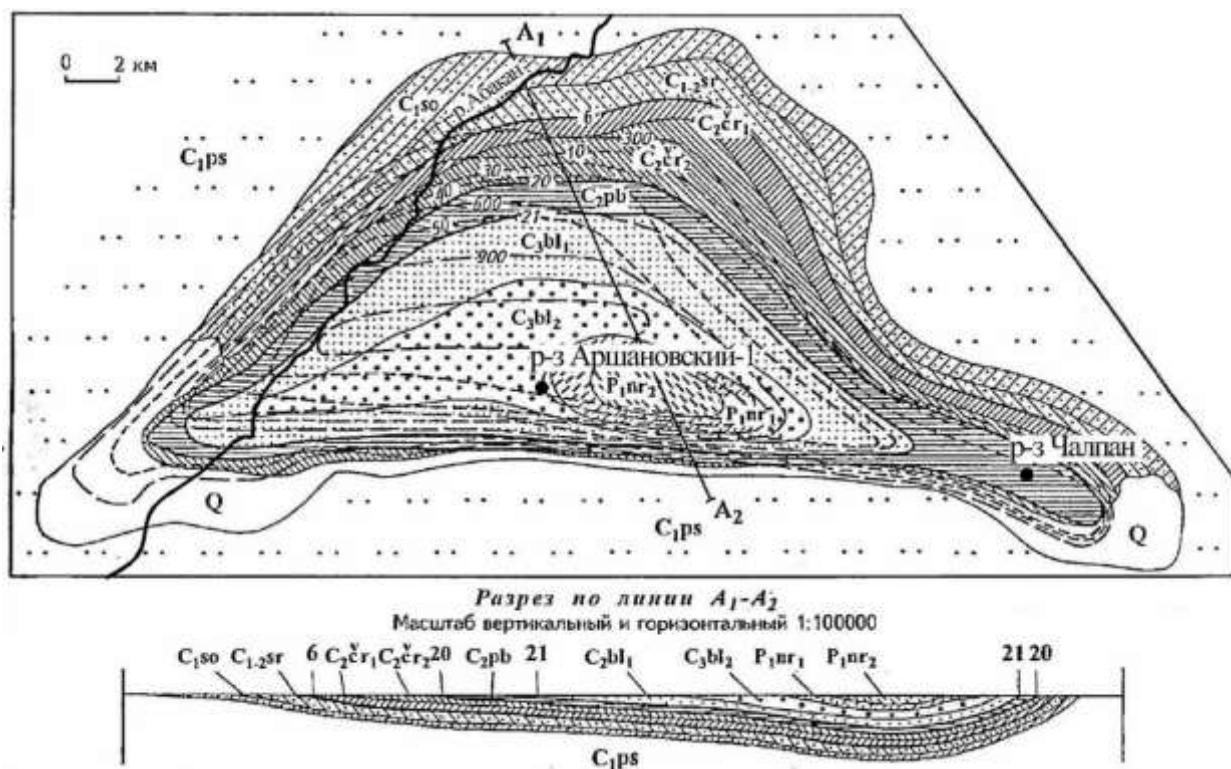


Рисунок 3.1 – Геологическая карта Бейского месторождения (По А.Н. Федотову, 1996) [36]. Условные обозначения на рис. 2.2

3.1 История изучения и эксплуатации

Бейское месторождение было открыто в 1920 г. В.И. Яворским. В 1922 г. Г.Г. Тихоновым на южном склоне г. Сосновой были установлены угольные пласты и на основании этого заложены две угольные шахты – Красные копи, одна из которых с перерывами эксплуатировалась до 1960 г. Первые геологоразведочные работы проводились в 1950-1953 гг. на юго-западном крыле Бейской мульды и затем с перерывами продолжались с 1963 по 1989 гг. на северном крыле, в центральной и восточной частях месторождения. В результате поисковой разведки, проведенной в 50-60-е годы, были выделены пять участков под открытую разработку углей: Аршановский-1, Аршановский-2, Майрыхский, Кирбинский, Чалпан и один участок в центральной части на выходах угольных пластов 34 и 36. На юго-западе площади месторождения были выделены участки Сосновоозерские-1 и -2 под шахтное строительство. В 1965-1968 гг. и 1966-1969 гг. проведены предварительная и детальная разведки участка Аршановский-1, в 1969-1974 гг. – участка Аршановский-2, которые позволили оконтурить площадь под строительство Западно-Бейского разреза. Была выделена также площадь под строительство Восточно-Бейского разреза, охватывающего участки Майрыхский, Кирбинский и наиболее перспективный – Чалпан. В настоящее время разрабатываются открытым способом угольные пласты участка Чалпан.

3.2 Геологическое строение

Продуктивные отложения приурочены к Бейской мульде. Наибольшая глубина погружения угленосной толщи от 1300 до 1400 м. Отложения соленоозерской и сарской свит открыты в сторону Аскизской мульды и по геофизическим данным продолжают на запад до Чаптыковской структуры, являющейся восточным продолжением Аскизской мульды. Северное крыло Бейской мульды простого строения, с углами падения пластов 5-13°, которые к

западу увеличиваются до 40-60°. Западная часть мульды осложнена дизъюнктивными нарушениями, а в подстилающих продуктивную толщу отложениях отмечаются складки с крутыми крыльями и зоны дробления. Южное крыло сложное, субширотно ориентированное, по его южной границе прослеживается листрический надвиг. Оно также осложнено сбросами субширотногo простирания, с амплитудой 30 м и мелкими нарушениями с амплитудой 0,2-2,0 м. Углы падения пластов увеличиваются с запада на восток от 20 до 40°, в центре синклинали выполаживаются до 10°.

В восточной замковой части месторождения угольные пласты северного крыла погружаются к оси под углом 5° на востоке участка Чалпан и до 12° – на западе, в центральной части мульды на этом участке они не превышают 1-2°. На южном крыле участка Чалпан они не более 12-15° в восточной части и возрастают до 40-50° – в центральной и западной частях южного крыла. К западу углы падения пластов изменяются от 7-12° на Кирбинском участке, до 4-6° – на Майрыхском.

Основание продуктивной толщи, как и на других месторождениях Южно-Минусинской впадины, сложено конгломератами, нижняя часть которых выделена в соленоозерскую свиту. Конгломераты соленоозерской свиты (C_{1so}) залегают на зеленовато-серых алевролитах подсиньской свиты. Верхняя граница проводится по подошве мощной пачки конгломератов или песчаников с линзами конгломератов, выше угольных пластов и пропластков группы А и Б. Отложения свиты представлены конгломератами, песчаниками, гравелитами (70%), содержащими углистые аргиллиты, алевролиты, 10 угольных пластов и пропластков мощностью 0,1-3,5 м, концентрации сидерита. Мощность отложений 70-80 м.

Сарская свита (C_{1-2sr}) – сложена светло-серыми, голубовато-серыми алевролитами (50%), чередующимися с зеленовато-серыми песчаниками (23), гравелитами, конгломератами (17), темно-серыми углистыми аргиллитами (1,5). В основании разреза отмечается мощная маркирующая пачка крупногалечниковых конгломератов. Обломочный материал плохо сортирован,

удовлетворительно и плохо окатан. Она подразделяется на две подсвиты, с границей по кровле пласта 0. Нижняя подсвита сложена грубообломочным комплексом пород (песчаниками с прослоями алевролитов, линзами конгломератов) и содержит восемь угольных пластов мощностью 0,7-2,1 м и два-три угольных пропластка – 0,1-0,3 м. Мощность подсвиты – 70-80 м. Верхнесарские отложения представлены преимущественно алевролитами (67%), содержащими прослойки песчаников, гравелитов, редко конгломератов, оолиты сидерита и равномерно распределенными по разрезу угольные пласты и пропластки мощностью 0,1-2,9 м. По сравнению с нижней подсвитой здесь возрастает мощность междупластий и количество тонкообломочного материала в верхней части разреза. Мощность отложений 120-130 м. Полная мощность отложений сарской свиты 200-220 м.

Черногорская свиты (C₂čr) – нижняя граница проводится по кровле пласта 6, в основании пачки песчаников, иногда содержащей линзы мелкогалечниковых конгломератов. Она подразделяется на две подсвиты с границей по кровле пачки песчаников, разделяющих угольные пласты 11 и 12. Нижняя подсвита сложена чередующимися пачками песчаников (50-60%), алевролитов (30-40), содержащих прослойки углистых алевролитов и аргиллитов, иногда линзы конгломератов и сингенетических брекчий, 10-11 угольных пластов и пропластков, приуроченных к средней части разреза подсвиты. Мощность отложений – 100-130 м.

Верхняя подсвита – наиболее угленасыщенная часть продуктивного разреза. Представлена преимущественно серыми, темно-серыми алевролитами (65-75%), содержащими маломощные прослойки песчаников, углистых аргиллитов, 7 мощных (3,2-15,6 м), выдержанных угольных пластов и 15 пропластков (17,5%). Верхняя граница проводится по кровле угольного пласта 20, мощность отложений достигает 140-160 м. Полная мощность черногорских отложений 260-290 м.

Побережная свита (C₃pb) – сложена темно-серыми, черными листоватыми аргиллитами (40-50%), тонкослоистыми алевролитами (20-30%),

содержащими прослой светло-серых песчаников (15-25). Вверх по разрезу увеличивается количество псаммитового материала и мощности песчаниковых прослоев (до 10 м). Отмечаются горизонты пепловых туфов, конкреции сидерита. Обломочный материал хорошо окатан и сортирован. Мощность отложений 90-100 м.

Белоярская свита (C_3bl) – нижняя граница проводится по почве угольного пласта 21, верхняя – по подошве пачки песчаников с прослоями конгломератов, перекрывающих угольный пласт 35. Она подразделяется на две подсвиты с границей по кровле угольного пласта 30. Нижняя подсвита представлена чередованием пачек серых алевролитов (48-71%), песчаников (22-35), темно-серых аргиллитов (10-16), угольных пластов и пропластков, из которых половина имеет мощность менее 1,0 м. В верхней половине разреза угольные пласты распределены равномерно. Мощность отложений – 300-340 м. Верхняя подсвита сложена темно-серыми алевролитами (65-70%), чередующимися с песчаниками (25), аргиллитами, в том числе углистыми (1), угольными пластами и пропластками, равномерно распределенными по разрезу, мощностью 0,1-4,2 м. Породы характеризуются слабой цементацией; преобладает глинистый цемент. Мощность подсвиты – 190-210 м, общая – 510-550 м.

Нарылковская свиты (P_{1nr}) – представлена переслаиванием темно-серых алевролитов (43%), песчаников (37), аргиллитов (7), углей (11), конгломератов (2). Сохранились от размыва угольные пласты 36-42 средней мощностью 1,5-3,0 м, наиболее мощный пласт 36 (6-9 м). Мощность отложений 135 м.

3.3 Угленосность

Продуктивная толща содержит 40 угольных пластов мощностью 0,6-12 м и 22-25 угольных пропластков мощностью 0,05-0,6 м.

На восточном замыкании мульды, на участке Чалпан, продуктивная толща вскрыта на глубину 495 м и включает 20 пластов от 8 до 20¹ суммарной

мощностью 42-43 м, из них 12 угольных пластов являются рабочими: 15, 16¹, 16^{1a}, 16^a, 16, 18, 19¹, 19, 19^{a1}, 19^a, 19^b, 20¹ (пласты черногорской свиты). Они характеризуются сложным строением (от 2 до 5 угольных пачек), непосредственным количеством породных прослоев от 0,05 до 0,95 м. Иногда угольные пласты сливаются или расщепляются, образуя угольные рабочие комплексы из 2-3 пластов.

Западнее, на участках северного крыла мульды – Майрыхском и Кирбинском, продуктивная толща вскрыта на глубину 465,3 м. Наиболее угленасыщенные – отложения черногорской свиты, которые содержат 20 угольных пластов суммарной мощностью 50 м, из них 14 – рабочие с мощностью междупластий 1-31 м. Пласты сложного строения, реже простого и содержат от двух-трёх до пяти-шести угольных пачек, с породными прослоями мощностью 0,05-1,0 м. Пласты могут расщепляться и сливаться, образуя рабочие угольные комплексы. Промышленные (для открытой отработки) – угольные пласты 20¹, 19^b, 19^b, 19, 18, 17, 16^a, 16, 15^a, 15, залегающие в средней части свиты.

В черногорской свите содержится 32-36 угольных пластов и пропластков, из них 19 – рабочие суммарной мощностью от 40 м на востоке площади (участки Кирбинский, Майрыхский, Чалпан) до 52 м на участке Аршановский-I и 63 м – на участке Западный.

Общая мощность продуктивных отложений месторождения увеличивается с востока на запад от 707 (участок Чалпан) до 1126 м (участок Западный) и в центральной части месторождения составляет 1374 м. В этом же направлении нарастает общая и рабочая угленосность, за исключением участка Майрыхского, с самой низкой угленосностью отложений.

На площади месторождения выделены участки под шахтное строительство и открытую отработку углей. На площади проектируемого Восточно-Бейского разреза с 1991 г. отрабатывается участок Чалпан с производительной мощностью 500 тыс. т угля в год. Площадь горного отвода – 6 км², запасы – 4,3 млн. т [36].

4 Объект и методы исследования

Исходным материалом послужили образцы тонштейнов и вмещающих их углей.

В ходе исследования в угольных пластах 15, 16'а, 16, 16а, 18а, 19', 19 и 19а Бейского месторождения были детально опробованы и изучены как сами тонштейны, так и вмещающие их угли. Всего выявлено и изучено 53 тонштейна мощностью от 0,3 до 10 см. Из них 44 тонштейна мощностью 0,3-10 см, были отобраны на Аршановском разрезе, а 9 тонштейнов мощностью 0,3-2 см на Восточно-Бейском разрезе.

В угольных пластах Гигант, Мощный, Безымянный, Великан–I и Двухаршинный Черногорского месторождения были детально опробованы и изучены тонштейны и вмещающие их угли. В общей сложности выявлено и изучено 17 тонштейнов мощностью 0,5-2 см.

4.1 Лабораторно-аналитические исследования

4.1.1 Пробоподготовка

Пробоподготовка заключалась в дроблении, квартовании и истирании проб для аналитических навесок. Дробление выполнялось на щековых дробилках, истирание – на виброистирателе производства ВИМС «ИВ Микро». Рабочее место оснащено системой вентиляции (рис. 4.1).

Для определения зольности пробы истирались до 0,2 мм, для остальных видов анализа – до 200 меш (0,074 мм).



Рисунок 4.1 – Виброистиратель

4.1.2 Определение влажности и зольности угля и подготовка проб для РФА

Работы выполнены в ПНИЛ по комплексному использованию горючих полезных ископаемых Западной Сибири кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики Национального исследовательского Томского политехнического университета (ТПУ) по ГОСТ 11022-95 (заведующий лабораторией к.х.н С.Г. Маслов). Зола, оставшаяся после

сжигания угля или кокса, образуется из неорганических соединений, входящих в состав угольного вещества, и из присутствующих минеральных примесей. Сущность метода состоит в том, что пробу угля сжигают в муфельной печи, нагреваемой с определенной скоростью до температуры (815 ± 10) °С, и выдерживают при этой температуре до постоянной массы. Зольность в процентах рассчитывают по массе остатка после прокаливания.

Температура 815 ± 10 °С обеспечивает сохранность в золе угля исследуемых радиоактивных и сопутствующих им редких металлов. Однако в этих условиях возможны частичные потери U, Ge, Pb, Zn, Cd, Au, Pt и некоторых других металлов и значительные потери Hg, As, Sb. В связи с этим основное определение U, Th и элементов-спутников выполняется непосредственно в угле без предварительного озоления, а содержание в золе угля будет установлено по пересчету содержания в угле на золу. Исследование лабораторной золы, полученной в остатке при определении зольности и влажности, выполняется для контроля данных пересчета, а также для получения данных по общему составу золы (анализ на основные золообразующие окислы), определяемые методом РФА. Для количественного определения состава золы угля методом РФА необходима более представительная навеска, поэтому проводилось нажигание золы до 1-2 грамм при тех же условиях. В связи с низкой зольностью значительной части проб угля для получения представительной пробы сжигалось до 50 г угля.

4.1.3 Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА)

Анализ методом РФА выполнен в лаборатории рентгеноспектральных методов анализа института Геологии и минералогии СО РАН (исполнитель Н.Г. Карманова). Силикатный анализ выполняется из плавленных таблеток: анализируемая проба сушится при 105 °С в течение 1,5 часов, затем прокаливается при 960 °С в течение 2,5 часов и затем смешивается с флюсом (66,67% тетрабората лития; 32,83% метабората лития и 0,5% лития бромистого)

в соотношении 1:9 (общий вес смеси составляет 5 г.). Смесь плавится в платиновых тиглях в индукционной печи Lifumat-2,0-Ox, Германия. Измерения выполняются на рентгеновском спектрометре ARL-9900-XP фирмы ARL (Applied Research Laboratories). Для контроля правильности анализа используются следующие государственные стандартные образцы состава горных пород: MU-1, MU-3, MU-4, SA-1, SCHT-1, SCHT-2, SDO-1, SDU-1, SG-1A, SG-2, SG-3. SGD-1, SGD-2, SGX-1, SGX-5, SGXM-2, SGXM-3, SI-1, SI-2, SNS-1, SNS-2, SOP-1, ST-1. Погрешность определения не превышает таковую для второй категории точности по ОСТ 41-08-212-82 [24].

Для определения полного макро- и микроэлементного состава образцы золы угля и углевмещающие породы также исследованы на полностью автоматизированном высоко-производительном рентгено-флуоресцентном спектрометре ARL-9900XP (Thermo Electron Corporation, Швейцария), оснащенном мощной рентгеновской трубкой с родиевым анодом и тонким (0,075 мм) бериллиевым окном, по программе полуколичественного анализа QuantAS, включенной в комплект поставки прибора, использующей спектры сканирования и позволяющей измерять 70 элементов от F до U.

Здесь используется другая пробоподготовка, отличающаяся от той, что применялась для силикатного анализа на пороодообразующие окислы. Излучатели подготавливаются путем прессования 1 г пробы с использованием пресса HERZOG НТР 40 (HERZOG Maschinenfabrik GmbH, Германия). Прессование как золы, так и породы выполняли на подложку из порошка полистирола без добавления к пробе связующих компонентов по следующей программе: сила пресса поднималась в течение 15 сек от 0 до 195 кН и после удерживания в течение 30 сек снижалась в течение 20 сек до 95 кН, затем в течение 10 сек – до 0 кН. Образцы пород перед прессованием высушивали в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 1 часа и выдерживали в течение 1,5 часов при температуре 960 °С в муфеле для определения потерь при прокаливании. Так как при прокаливании может наблюдаться эффект спекания, то пробы пород истирали в агатовой ступке в течение 1–3 минут до получения

тонкого порошка. Приготовленные таким образом излучатели анализируются в течение 1 часа для увеличения статистики счета и, соответственно, снижения пределов обнаружения. В программе QuantAS анализ выполняется при ускоряющем напряжении 50 кВ и токе 30 мА.

Пределы обнаружения для окислов макрокомпонентов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Пределы обнаружения макрокомпонентов РФА, %

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	BaO	SO ₃	п.п.п.
0,04	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,2

Примечание: п.п.п. – потери при прокаливании.

Выполнен анализ 81 пробы золы угля и углевмещающих пород, в том числе 54 пробы тонштейнов.

4.1.4 Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP MS)

Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) выполнен в ООО «Химико-аналитический центр «Плазма» (исполнитель Н.В. Федюнина) на установке Agilent 7500сх производства Agilent Technologies, Япония, а также в аналитическом центре Дальневосточного геологического института, г. Владивосток (аналитик Е.В. Еловский). Лаборатории аккредитована в системе Госстандарта России.

В основе метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) лежит использование аргоновой индуктивно-связанной плазмы в качестве источника ионов и масс-спектрометра для разделения и последующего детектирования этих ионов.

Перед анализом проба измельчается до 0,071 мм. Методом квартования отбирается навеска 1–5 г в фарфоровый тигель и помещается в холодную муфельную печь. Постепенно повышают температуру до 500 °С и обжигают

пробы 2 часа. Низкие температуры озоления обеспечивают сохранность элементов-спутников в золе угля.

Для вскрытия образца используется навеска 0,1 г. Пробу переводят в раствор методом кислотного разложения. Вскрытие проводят смесью фтороводородной и азотной кислот в системе микроволновой пробоподготовки Millistone Start D с предварительной стадией выдерживания реакционной смеси при температуре ≈ 70 °С. Разложение проводят при температуре 200 °С и мощности 700 Вт. Пробы охлаждают до комнатной температуры, количественно переносят в фторопластовые стаканчики объемом 50 мл, обмывая 5% раствором азотной кислоты. Затем пробы последовательно переводят в хлориды и нитраты. На партию проб (10 проб) одновременно готовят не менее одной холостой пробы для проверки чистоты используемых реактивов.

Непосредственно перед ИСП-МС анализом пробу разбавляют. Коэффициент разбавления составляет 1000.

При проведении ИСП-МС измерений для контроля изменения чувствительности прибора, обусловленными временными флуктуациями, матричными эффектами и т.д. используется внутренний стандарт (индий). Для дополнительного отслеживания дрейфа чувствительности, а также качества проведения пробоподготовки используют внешний стандарт, представляющий собой стандартный образец состава горной породы, близкой по составу анализируемым образцам и подготовленной в тех же условиях.

Масс-спектральное определение содержания элементов в анализируемых образцах проводят при следующих параметрах работы Agilent 7500сх, Agilent Technologies, Япония (табл. 4.2).

Для достижения максимальной чувствительности масс-спектрометра в рабочем диапазоне масс проводят настройку прибора с использованием раствора, содержащего по 1 мкг/л Li, Mg, Y, Ce, Tl и Co. Для обеспечения стабильного режима работы спектрометра необходимо обеспечить постоянный

температурный режим в лабораторном помещении во время измерений. Изменение температуры при измерениях не должно превышать 1,5 °С.

Таблица 4.2 – Параметры работы Agilent 7500сх, Agilent Technologies

Выходная мощность генератора	1500 Вт
Тип распылителя	MicroMist (микроаэрозольный)
Распылительная камера	охлаждаемая
Расход плазмообразующего потока Ar	0,9 л/мин
Расход вспомогательного потока Ar	0,2 л/мин
Скорость подачи пробы	0,1 об/мин

Определение элементов проводят в рамках процедуры сканирования в диапазоне масс от 5 до 242 а.е.м. Анализируемые образцы измеряют партиями 5–15 образцов в зависимости от содержания в них основных элементов и уровней содержания определяемых элементов, чередуя с внешним стандартом.

Обработка масс-спектров и расчет содержания элементов в пробах проводят с помощью программного обеспечения масс-спектрометра и электронных таблиц.

Всего исследовано 287 проб угля и горных пород, из них 56 проб тонштейнов.

4.1.5 Инструментальный нейтронный активационный анализ (ИНАА)

Элементный состав определялся методом инструментального нейтронно-активационного анализа в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора ТПУ по аттестованным методикам (аналитики – А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская) ИНАА является высокочувствительным видом анализа и эффективен для определения редких, редкоземельных и радиоактивных элементов. Отсутствие химической подготовки пробы исключает погрешности за счет привноса или удаления элементов вместе с реактивами. Дробление и истирание проб необходимо лишь

для стандартизации процесса взвешивания и упаковки проб перед облучением. Так как аналитический сигнал снимается с ядер химических элементов, то физическое и химическое состояние пробы не влияет на результат анализа. Влияние изменения состава матрицы пробы определяется лишь интерферирующими и нейтронопоглощающими элементами. А поэтому методы нейтронно-активационного анализа с успехом применяются с одними и теми же стандартными образцами сравнения как для угля, так и для золы угля и углевмещающих пород. Стоит отметить, что углерод и органические соединения в пробе способствуют улучшению параметров анализа: повышают точность и снижают пределы обнаружения, что подтверждается проведенными методическими работами и по разработке нейтронно-активационного анализа углей.

Всего исследовано 156 проб угля и горных пород, из них 22 пробы тонштейнов.

В таблице 4.3 показана сравнительная оценка результатов элементного анализа, полученного методом ICP MS, с результатами анализа методом ИНАА.

Таблица 4.3 – Сравнение результатов определения содержания химических элементов методами ICP MS и ИНАА, г/т

Элементы	ВБЕЙ 3-16		ВБЕЙ 8-16		Т-19	
	ICP MS	ИНАА	ICP MS	ИНАА	ICP MS	ИНАА
1	2	3	4	5	6	7
Sc	7,1	5,7	8,2	7,5	12,9	10,6
Cr	36,5	35,4	43,6	46,6	8,5	5,5
Co	23,30	25,16	23,86	24,67	0,55	<0,2
Zn	38,23	28,94	49,29	33,26	146,30	173,82
Rb	11,24	4,11	14,62	<2	2,62	5,10
Sr	280	238	126	<80	1005	1043
Cs	0,55	0,75	0,75	0,80	0,09	0,13
Ba	259	313	229	163	1012	1021
La	6,91	7,74	9,62	9,64	10,97	15,99
Ce	15,8	15,4	28,4	30,9	32,4	37,4
Nd	9,58	<3	21,78	10,92	19,65	<3

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7
Sm	3,39	3,43	6,80	5,90	6,75	6,35
Eu	0,79	0,80	1,61	1,67	1,49	1,58
Tb	0,47	0,69	1,17	1,91	1,12	1,29
Yb	2,59	2,47	3,98	3,95	4,89	4,47
Lu	0,34	0,43	0,58	0,60	0,57	0,78
Hf	1,17	1,03	1,68	1,60	1,89	1,15
Ta	0,20	0,09	0,03	<0,08	0,78	0,63
Th	3,04	2,09	3,93	2,80	9,40	8,00
U	1,31	1,39	1,98	1,40	18,36	16,30

4.1.6 Атомно-абсорбционный анализ методом «холодного пара»

Содержание ртути в угле и углевмещающих породах определяли методом беспламенной атомной абсорбции на приборе «РА-915+» с пиролизической приставкой «ПИРО-915» с использованием пакета программ RA915P (ПДН Ф 16.1:2.23-2000) в сетевом центре коллективного пользования Национального исследовательского Томского политехнического университета (СЦКП).

Диапазон измерений данного метода для массовой доли общей ртути в пробах составляет от 5 до 10000 мкг/кг. Границы относительной погрешности измерений при числе наблюдений $n=2$ (для каждой пробы было проанализировано по 3 навески, в качестве результирующего значения бралось среднеарифметическое по трем измерениям), доверительной вероятности $P=0,95$ и диапазоне измерений массовой доли общей ртути от 100 до 10000 мкг/кг составляет 25%. Предел обнаружения ртути составляет 2 мкг/кг.

Принцип действия приставки ПИРО-915+ основан на восстановлении до атомарного состояния содержащейся в пробе связанной ртути методом пиролиза без предварительной минерализации и последующем переносе образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету газом-носителем (воздухом).

Регистрация атомов ртути осуществляется анализатором РА-915+, при этом результат анализа выводится на компьютер. Массовая доля ртути в пробе определяется по величине интегрального аналитического сигнала с учетом предварительно установленного градуировочного коэффициента, полученного эмпирическим способом на основе измерений проб образца с известным содержанием ртути (290 нг/г). В качестве стандарта использовали также угольный стандарт CLB-1 (U.S. Geological Survey) с содержанием ртути 0,2 мг/кг.

Навески предварительно измельченных и высушенных при комнатной температуре образцов угля составляли $75,0 \pm 0,1$ мг. Границы относительной погрешности измерений составили 20–28%, в зависимости от массовой доли ртути в образцах, при доверительной вероятности 0,95 и двух параллельных измерениях.

4.1.7 Другие методы анализа

Изучение тонштейнов в шлифах позволяет определить их структурные особенности, минералогический состав (иногда только приблизительно), состав обломочного материала и аутигенных минералов, характер органических остатков, наличие процессов замещения одних минералов другими. При исследовании использовался оптический микроскоп Axioskop-40.

При изучении глинистой фракции тонштейнов был проведен рентгенофазовый анализ с помощью порошкового дифрактометра D2 PHASER. Это позволило выявить состав и получить приблизительную оценку соотношения составляющих компонентов проб.

Электронная микроскопия проводилась для изучения формы, морфологических особенностей и состава тонкодисперсных минеральных образований. Эти данные служат для определения минералогической принадлежности частиц. При исследовании использовался сканирующий электронный микроскоп HITACHI S-3400N.

4.2 Методика обработки информации

Накопление и обработка аналитических данных проводилась с использованием программ «Statistica» и «Microsoft Excel». При статистической обработке данных проводились корреляционный, дисперсионный, факторный и кластерный анализы.

Концентрации элементов в золах углей определялись, как прямым определением, так и расчетным способом из содержания в угле.

Выбранный комплекс аналитических методов позволяет с высокой надежностью выполнить анализ содержания редких элементов, как в самих тонштейнах, так и во вмещающих их углях. Оценить формы нахождения, закономерности распределения и условия концентрирования элементов-примесей.

5 Пирокластическое вещество в углях

5.1 Типы пирокластического вещества в углях

Тонштейны или флинтклеи – это плотные глинистые прослои в угольных пластах. При мощности в несколько см, часто прослеживаются на площади в несколько тысяч км². Их применяют для корреляции угольных пластов в границах месторождений и бассейнов, с целью характеристики роли вулканизма во время образования угленосных отложений, а также выяснения периодичности и состава продуктов извержения вулканов.

В области идентификации угольных пластов и корреляции угленосных отложений известны работы: П. Гуторля (Саарский бассейн), К. Хене и К. Бургера (Рурский бассейн), Г. Хербста и других (Ахенский бассейн), М. Допита, И. Кралика (Остравско-Карвинский бассейн) [68], И. Шер в 1956 г. провел корреляцию по тонштейнам между бассейнами и месторождениями ГДР, ФРГ, Нидерландов, Бельгии, Франции. Аналогично эти породы использовались при межбассейновых корреляциях А. Бурозом [54], М. Вольфом [109] и И. Краликом в 1964 г.

Минералого-петрографический исследования тонштейнов проводили К. Хене в 1951-1954 гг., А. Щюллер в 1940-1956 гг., К. Бургер [57, 58, 55], Г. Штадлер [100], Д. Штёфлер [101], А. Буроз [53, 50], Н. Прайс и П. Дафф [86], Ф. Лоухен в 1971 г, М. Допита, И. Кралик [68], Я. Куль в 1961 г. и др. В работах К. Хене, А. Щюллера, К. Бургера описаны разнообразные формы проявления каолинита в тонштейнах. Детальные исследования К. Бургера [58, 55] показали зависимость форм образования каолинита от состава углей, вмещающих тонштейны.

Сравнительные минералогические и геохимические исследования тонштейнов и обычных глинистых междуугольных прослоев, а также пород почвы и кровли, привели Д. Штёфлера к мысли о различных источниках исходного материала тонштейнов и осадочных пород. Внешний вид зерен

кварца, циркона, наличие смешанослойных глинистых минералов и геохимические критерии позволяют рассматривать тонштейны как отложения туфов, подверженных в торфяниках интенсивной каолинизации. К аналогичным выводам приходят Н.Прайс и П.Дафф, изучавшие тонштейны Великобритании. В исследованиях Г.Кирша и Д.Хальбауэра в 1960-1962 гг., И.Кралика в 1960-1961 гг., Я.Машека в 1963 г., В.Скочека в 1964 г., К.Бургера [54] и других установлены различные вулканогенные компоненты в составе тонштейнов.

Одна из первых микроструктурных классификаций предложена А.Н. Петровской [30], которая выделила три группы тонштейнов, отличающихся формами проявления каолинита. Классификации, основанные на структурно-петрографических признаках [56, 89] или на генетических принципах [53, 67, 90]. Наиболее признанной является классификация А.Шюллера и К.Хёне [88], усовершенствованная К.Бургером [62, 58, 59]. Были предприняты попытки определить структуры некоторых типов тонштейнов [3, 22, 21, 38].

В итоге Л.А. Адмакин, обобщив и дополнив данные предшественников, разработал систему структур тонштейнов [1]. В основу классификации он заложил степень кристалличности глинистого материала и остаточные структуры. По степени кристалличности каолинита тонштейны были разделены на крипто-, гипо-, микрокристаллические и кристаллические. По характеру псевдоморфно замещенных и реликтовых структур, было выделено два семейства. В первое из которых входят ортотонштейны – продукты преобразования пеплового материала, во второе, паратонштейны, имеющие терригенную природу.

5.2 Механизмы образования тонштейнов

В формировании тонштейнов выделяются стадии седиментогенеза, диагенеза и катагенеза.

Стадия седиментогенеза включает процессы, которые связаны с образованием осадка [34]. В него входят перенос и отложение исходного материала, что сопровождается физическими и химическими изменениями.

Исходный материал тонштейнов поступал в седиментационный бассейн двумя способами. Первый – за счет эолового переноса вулканического пепла. Второй, с помощью переноса в водной среде эпикластического глинистого материала. Это влечет за собой аккумуляцию двух осадков, в виде: алюмосиликатного пеплового материала и тонкодисперсной эпикластической глины. Таким образом на этом этапе закладываются минералогические различия осадков, что в дальнейшем определяет направленность постседиментационных преобразований и превращение в тонштейн [2].

На стадии диагенеза изменение исходных осадков происходило одновременно с преобразованием растительного материала.

Отложившийся вулканический пепел оказывается в высокорреакционной обстановке, в которой алюмосиликатные минералы и вулканическое стекло весьма неустойчивы и подвергаются гидролизу. Однако из-за малого времени нахождения в торфогенном слое, полного их разложения не происходит.

Эпикластическая глина на стадии раннего диагенеза заметно не изменяется. Стабильность каолинита констатирована, например, в современных торфяниках [10].

На более поздней стадии диагенеза в восстановительных условиях органическое вещество подвергается «геохимической углефикации». На данном этапе в массовом количестве по механизму синтеза образуется каолинит [2].

Взаимоотношения биотита и новообразованного каолинита эпикластические, т.е. возникают в результате растворения биотита и синтеза каолинита. Развиваются псевдоморфозы каолинита, иногда сохраняющие морфологию пакетов биотита, а плагиоклазы замещаются без нарушения формы кристаллов [37]. Замещение биотита сопровождается деформацией

чешуек вследствие увеличения объема. Они приобретают форму вермикул, которые характерны для тонштейнов (рис. 5).



Рисунок 5 – Схема стадийности образования тонштейнов (по Л.А. Адмакину) [2].

На средней стадии диагенеза полностью завершается преобразование алюмосиликатного вещества в субмономинеральную глину, а осадки разного состава становятся минералогически идентичными. Поэтому данный этап в истории образования тонштейнов является главным диагенетическим событием [2].

В позднем диагенезе содержание гуминовых кислот падает, среда становится нейтральной или щелочной. На данном этапе почти не происходит минералогических преобразований субмономинеральной глины. Она

подвергается литификации и к началу катагенеза превращается в собственно тонштейны.

Стадия катагенеза рассматривается в три этапа: Протокатагенез, отвечающий бурым углям, мезокатагенез, соответствующий каменным углям (от Д до ОС) и апокатагенез, охватывающий изменения органического вещества от тощих до антрацитов включительно [13, 28, 29].

В протокатагенезе субмономинеральная глина литифицируется без существенных минералогических и структурных изменений. На этапе мезокатагенеза формируются вермикулы каолинита, который в свою очередь перекристаллизовывается. Происходит регенерация унаследованных вермикул. В апокатагенезе происходит иллитизация глинистого вещества тонштейнов, что связано с повышением активности калия [2]. Однако каолинит остается. Вместе с тем, монтмориллонит и смешанослойные минералы исчезают [25].

6 Тонштейны и рассеянная пирокластика в углях черногорской свиты Минусинского бассейна

6.1 Изученность тонштейнов Минусинского угольного бассейна

В угольных пластах Минусинского бассейна тонштейны, как самостоятельные образования не выделялись. А характеризовались в качестве прослоев пирокластических туфов [12]. Впервые для бассейна применила термин «тонштейн», описав специфические прослой пирокластики – И.Б. Волкова [18]. И выразила мнение о водоосадочном происхождении тонштейнов, взамен прежнего, о каолинитовых прослоях как апокристаллических туфах.

В изучение тонштейнов Минусинского угольного бассейна внес свой вклад Л.А. Адмакин. Он охарактеризовал вещественно-петрографический состав и выделил типы тонштейнов основных угольных пластов бассейна [4].

Влияние пирокластики на геохимические особенности углей Минусинского бассейна доказал коллектив соавторов (С.И. Арбузов, В.В. Ершов, Л.П. Рихванов, В.В. Кяргин, А.А. Булатов, Н.Е. Дубовик) [7].

6.2 Особенности минерального состава тонштейнов черногорской свиты

Для изучения характера распределения минерального вещества в тонштейнах и околотонштейновом пространстве, анализа их текстурно-структурных особенностей выполнено петрографическое изучение шлифов.

Микроскопические исследования показали, что каолинит является основным породообразующим минералом.

Каолинит встречается в нескольких модификациях: а) в виде кристаллов; б) в виде шарообразных или эллиптических зерен (крупинок); в) в виде псевдоморфоз по слюдам и полевым шпатам; г) в виде скрытокристаллической основной массы.

Кристаллы каолинита представлены столбчатыми, червеобразно изогнутыми (вермикулы) и пластинчатыми образованиями. Столбчатые и червеобразно изогнутые агрегаты имеют спайность, перпендикулярно к удлинению кристалла (рис. 6.1, а). Слюды являются многочисленным компонентом тонштейнов. Представлены они в основном биотитом, реже мусковитом. Листочки биотита находятся в различной степени преобразования. Многие из них в результате набухания имеют боченко- и веерообразные формы (рис. 6.1, б). Кварц образует остроугольные или угловатые формы зерен (рис. 6.2, в). Полевые шпаты образуют относительно небольшую долю среди компонентов тонштейнов. Обычно зерна их сильно каолинизированы, что узнается по характерному развитию червеобразных кристалликов. Ряд зерен подвергается каолинизации лишь по внешнему контуру (рис. 6.1, г). Часто диагностируется большое количество пятен сидерита (рис. 6.1, д).

Рентгенофазовый анализ позволил выявить минеральный состав тонштейнов и приблизительное соотношение минералов. В составе большинства исследованных тонштейнов преобладает каолинит, содержание его колеблется от 21 до 100%. Так же в составе тонштейнов обнаружены кварц, хлорит, мусковит, доломит, ортоклаз, сидерит.

В составе четырех тонштейнов (Ар-62-14, Ар-68-14, Т-19 и Ч-45-15) обнаружен фторapatит, содержание которого варьируется от 23 до 62%. Основываясь на этом признаке, можно предположить, что данные тонштейны образовались из одного и того же пепла. И могут быть использованы для корреляции Бейского и Черногорского месторождений между собой.

В минеральном составе тонштейнов (Ар-8-15, Ч-8-15) выявлено наличие ортоклаза в количестве 4-6%.

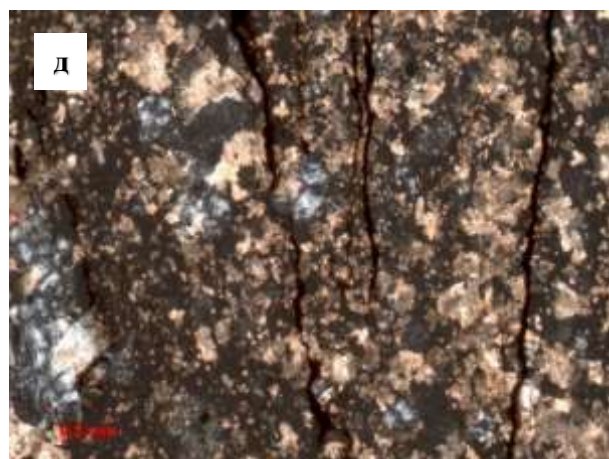
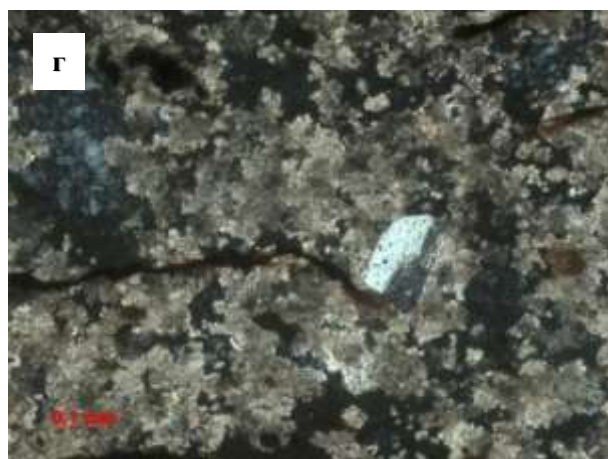
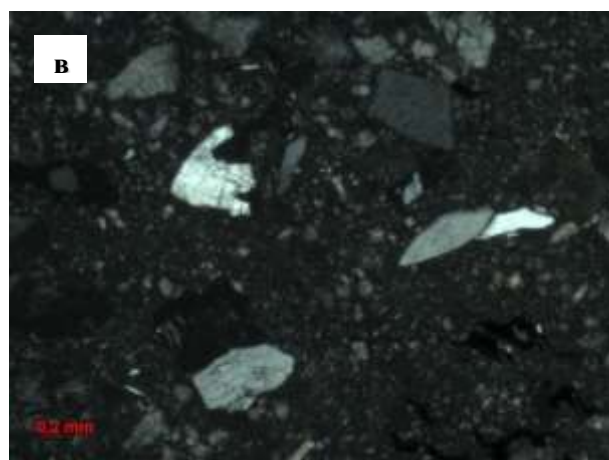
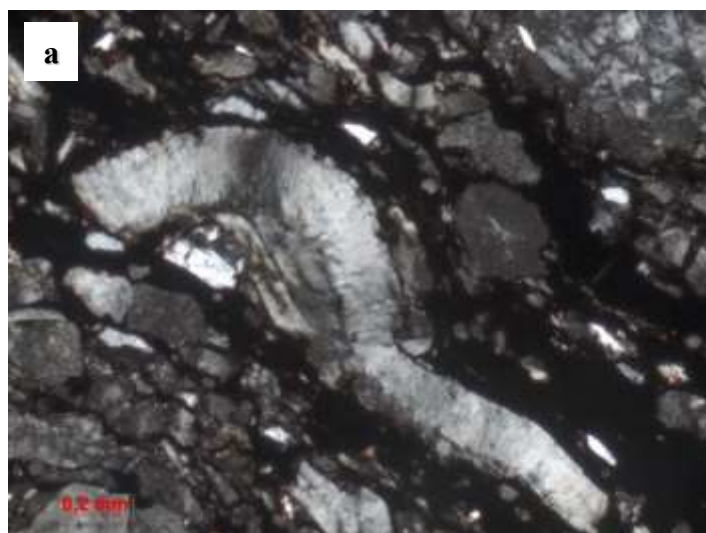


Рисунок 6.1 – Петрографический состав тонштейнов: а – червеобразно изогнутый агрегат каолинита (вермикула), тонштейн (Ар-8-15) из пласта 19; б – апобиотитовый каолинит, тонштейн (Ч-8-15) из пласта Великан; в – зерна кварца, тонштейн (Ар-9-19-15) из пласта 19; г – кристалл полевого шпата, тонштейн (Ч-4-15) из пласта Великан; д – развитие сидерита по тонштейну: серые – кристаллы каолинита, желтовато-коричневый – сидерит, тонштейн (Ч-4-15) из пласта Великан

При детальном электронно-микроскопическом исследовании в тонштейнах были найдены корродированные кристаллы циркона (рис. 6.2, а) и монацита (рис. 6.2, б). Что может свидетельствовать о возможном перераспределении элементов из приконтактной части тонштейна с углем в притонштейнный уголь.

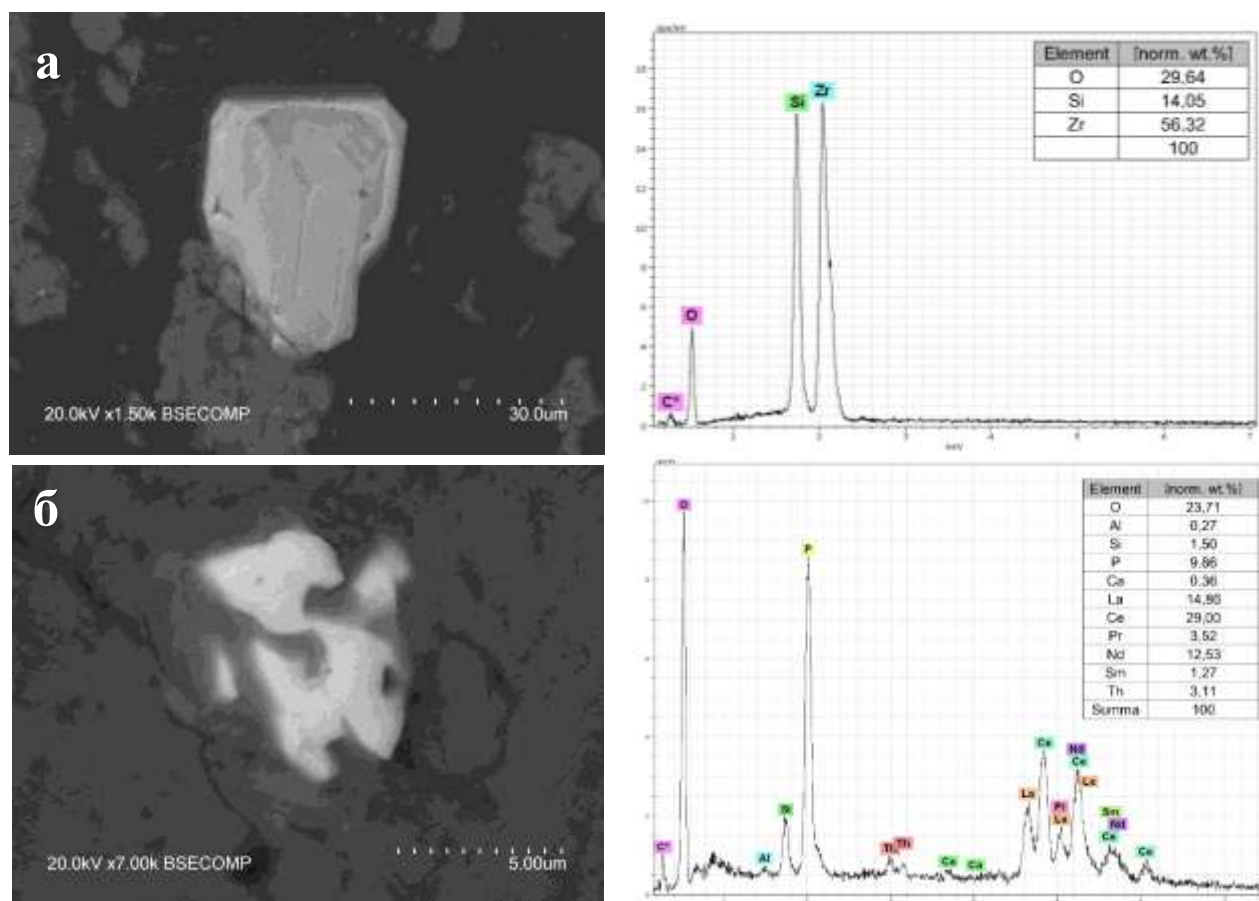


Рисунок 6.2 – Кристаллы циркона (а) и монацита (б) в тонштейне Дв-12-02

6.3 Геохимические особенности тонштейнов

Тонштейны Бейского месторождения (разрез Аршановский) различаются между собой по химическому составу (таблица 6.1). В связи с этим выделяются две группы тонштейнов, в одну из которых входят тонштейны близкие по составу с каолинитом (Ар-17-14, Ар-27-14, Ар-76-14, Ар-11-19-15, Ар-8-15), что выражается в обогащении SiO_2 и Al_2O_3 . Вторая

группа включается в себя остальные тонштейны, отличающиеся малым содержанием кремнезема и оксида алюминия.

Тонштейн (Ар-62-14) выделяется на фоне остальных тонштейнов высоким содержанием P_2O_5 , что может объясняться наличием в его составе фторапатита. О его наличии говорилось ранее, при описании минерального состава тонштейнов.

Таблица 6.1 – Химический состав тонштейнов Бейского месторождения (разрез Аршановский), %

Компоненты	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	LOI	Сумма
Каолинит	46,55		39,50										
Ар-17-14	42,43	1,48	33,35	1,60	0,01	0,17	0,22	0,07	0,27	0,08	<0,03	19,78	99,47
Ар-27-14	44,78	1,04	35,69	1,10	0,01	0,19	0,21	<0,1	0,18	0,10	0,03	16,23	99,57
Ар-46-14	32,72	0,33	27,96	6,95	0,09	2,86	0,57	<0,1	0,13	1,24	0,04	25,46	98,35
Ар-62-14	20,06	0,21	28,61	1,31	0,01	0,14	4,44	0,19	0,07	12,80	0,45	23,07	91,37
Ар-76-14	43,59	0,43	33,34	1,53	0,01	0,17	0,23	0,04	0,12	0,12	<0,03	19,38	98,95
Ар-80-14	29,69	0,17	23,94	0,46	<0,01	0,12	0,19	0,04	0,13	0,05	<0,03	44,25	99,04
Ар-83-14	37,59	1,32	31,22	0,41	<0,01	0,15	0,35	0,05	0,13	0,16	<0,03	27,86	99,24
Ар-87-14	33,93	0,30	25,83	0,84	0,01	0,11	0,19	<0,1	0,10	0,08	<0,03	37,97	99,36
Ар-12-18а-15	25,05	0,88	20,26	15,33	0,21	4,86	1,74	0,10	0,27	0,59	0,74	30,12	100,13
Ар-11-19-15	45,09	0,15	32,65	2,03	0,01	0,31	0,36	0,14	0,49	0,06	<0,03	17,83	99,12
Ар-20-19-15	35,70	0,46	28,70	0,53	0,00	0,16	0,19	0,05	0,27	0,05	>0,03	32,85	98,95
Ар-22-19-15	28,00	0,77	20,70	0,58	0,01	0,24	0,29	0,07	0,39	0,05	>0,03	47,83	98,93
Ар-11-19а-15	31,86	2,17	25,26	1,06	0,01	0,29	0,46	0,07	0,15	0,15	0,12	37,35	98,96
Ар-8-15	44,25	0,17	30,53	0,75	0,01	0,12	0,18	0,17	0,90	0,06	>0,03	22,05	99,19
Ар-10-15	28,65	0,85	20,97	1,19	0,01	0,17	0,20	0,07	0,26	0,05	<0,03	46,60	99,03
Ар-16-15	12,77	0,09	10,03	3,10	0,03	12,88	22,40	0,06	0,08	0,05	1,87	36,39	99,75
Ар-20-15	13,25	0,30	9,90	42,42	0,81	0,43	0,46	0,10	0,17	0,07	0,21	32,44	100,56
Ар-23-15-2	20,24	0,20	10,84	1,54	0,02	3,84	6,67	0,13	0,43	0,10	3,78	52,12	99,89
Ар-29-15	7,49	0,06	4,59	1,83	0,01	16,31	25,61	0,08	0,14	0,04	2,29	41,31	99,76

Примечание: курсивом выделены высокие содержания

Тонштейны Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский) также имеют отличия по химическому составу (таблица 6.2). Два тонштейна (Т-2-16'а, Т-19') имеют сходный состав с каолинитом. Тонштейн (ВБЕЙ 13-16) обогащен SiO₂, но содержит меньшее количество Al₂O₃ относительно состава

каолинита. Остальные же тонштейны обеднены как кремнеземом, так и оксидом алюминия.

Стоит отметить тонштейн (Т-19) отличающийся высоким содержанием P_2O_5 .

Таблица 6.2 – Химический состав тонштейнов Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский), %

Компоненты	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	LOI	Сумма
Каолинит	46,55		39,50										
ВБЕЙ 3-16	9,58	0,27	6,48	31,36	0,34	2,50	6,25	0,13	0,47	3,51	<0,03	38,97	99,86
ВБЕЙ 8-16	11,82	0,33	7,34	31,59	0,43	2,80	2,00	0,11	0,56	0,81	<0,03	42,27	100,05
ВБЕЙ 11-16	18,23	0,34	10,89	12,65	0,16	1,76	0,58	0,06	0,55	0,14	<0,03	54,68	100,04
ВБЕЙ 13-16	37,88	0,89	19,40	10,83	0,15	2,38	0,48	0,12	1,58	0,20	<0,03	25,71	99,60
Т-16'а	22,60	0,19	18,03	17,85	0,13	4,10	5,03	0,10	0,22	0,22	0,89	30,13	99,50
Т-1-16'а	24,55	0,37	20,86	10,00	0,06	4,99	8,66	0,06	0,09	0,75	0,90	27,66	98,96
Т-2-16'а	37,79	0,25	28,98	1,12	0,01	0,66	0,98	0,05	0,14	0,04	0,37	28,75	99,14
Т-19	17,75	0,68	14,70	1,75	0,01	0,32	26,71	0,16	0,09	15,54	0,62	17,50	95,83
Т-19'	35,71	2,04	29,72	0,50	0,00	0,13	0,17	0,04	0,10	0,16	<0,03	30,64	99,21

Примечание: курсивом выделены высокие содержания

Тонштейны Черногорского месторождения отличаются друг от друга по химическому составу (таблица 6.3). Тонштейны (Ч-8-15, Ч-15-15, Ч-42-15) схожи по составу с каолинитом, в отличии от остальных тонштейнов. Тонштейн (Ч-45-15) выделяется среди остальных тонштейнов Черногорского месторождения высоким содержанием P_2O_5 .

В свою очередь в тонштейнах Бейского месторождения (разрез Аршановский) была отмечена повышенная концентрация РЗЭ, Cr, Th и U относительно среднего состава глинистых сланцев (таблица 6.4).

В тонштейнах Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский) выявлена повышенная концентрация РЗЭ, Co, Y, Th и U по сравнению со средним составом глинистых сланцев (таблица 6.5).

Анализ содержаний химических элементов показал, что тонштейны Черногорского месторождения существенно обогащены РЗЭ, Y, Zr, Ba, Th и U по сравнению со средним составом глинистых сланцев (таблица 6.6).

Таблица 6.3 – Химический состав тонштейнов Черногорского месторождения (разрез Черногорский), %

Компоненты	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	LOI	Сумма
Каолинит	46,55		39,50										
Ч-4-15	30,71	0,80	24,91	6,77	0,12	3,80	5,33	0,09	0,21	0,13	0,55	25,78	99,21
Ч-8-15	43,06	0,64	28,27	3,08	0,04	1,61	1,55	0,34	0,67	0,08	0,31	19,45	99,11
Ч-15-15	41,81	1,20	32,08	0,45	0,01	0,29	0,32	0,13	0,27	0,17	<0,03	22,53	99,28
Ч-22-15-2	24,15	0,31	19,98	0,53	0,01	0,22	2,25	0,16	0,08	1,43	<0,03	50,08	99,18
Ч-45-15	20,50	0,15	20,71	1,01	0,01	0,36	9,59	0,24	0,19	9,53	0,10	35,69	98,09
Ч-44-15	27,92	0,18	17,34	2,80	0,02	0,97	0,23	0,29	0,25	0,03	<0,03	49,83	99,88
Ч-42-15	42,00	0,29	28,70	1,40	0,01	0,59	0,15	0,18	0,37	0,04	<0,03	25,47	99,21
Ч-39-15	42,83	0,34	23,56	1,29	0,02	0,75	0,10	0,28	0,55	0,04	<0,03	30,21	99,97
Ч-38-15	13,19	0,85	10,50	0,78	0,01	0,14	3,43	0,19	0,05	2,00	0,14	68,11	99,38
Ч-34-15	30,07	0,78	24,83	0,93	0,01	0,28	0,79	0,20	0,08	0,45	<0,03	40,81	99,23
Ч-46-15	11,67	0,22	11,56	0,48	<0,01	0,16	3,04	0,15	0,11	3,86	<0,03	67,35	98,61
ДВ 12-02	27,99	0,16	22,42	2,05	0,05	0,47	0,13	0,08	0,05	0,05	Н.д.	46,48	99,93
ДВ-17-02	38,95	0,86	31,05	0,27	<0,01	0,15	1,51	0,31	0,11	1,18	Н.д.	25,34	99,73

Примечание: курсивом выделены высокие содержания

Различный химический состав тонштейнов, может свидетельствовать о различном составе исходной пирокластики.

Примечание: * – по Н.А. Григорьеву, 2003 [20], (табл. 6.4, 6.5, 6.6).

Таблица 6.4 – Содержание химических элементов в тонштейнах Бейского месторождения (разрез Аршановский), г/т

	Кларк, глина*	Ар -17-14	Ар -27-14	Ар -46-14	Ар -62-14	Ар -76-14	Ар -80-14	Ар -83-14	Ар -87-14	Ар-12 -18а-15	Ар-11 -19-15	Ар-20 -19-15	Ар-22 -19-15	Ар-11 -19а-15	Ар -8-15	Ар -10-15	Ар -16-15	Ар -20-15	Ар-23 -15-2	Ар -29-15
Sc	15,0	4,6	3,8	8,8	3,8	3,4	2,9	3,9	3,3	15,62	10,00	6,08	17,74	10,00	10,00	15,47	30,00	10,00	52,38	10,00
Cr	76,0	25	25	505	878	1866	932	1851	639	15,62	3,32	6,08	17,74	0,50	0,50	15,47	15,32	0,50	52,38	9,51
Co	19,0	0,78	0,39	2,2	9,2	0,5	2,4	2,2	2,5	25,20	0,62	1,49	1,78	2,24	0,22	1,93	10,22	0,25	0,67	2,11
Rb	130,0	4,77	6,64	55,3	25	25	25	25	25	3,72	13,35	5,58	8,07	3,97	16,35	14,83	1,87	3,24	13,07	4,71
Y	31,0	18,4	20,2	49,2	11,4	16,6	17,9	23,7	23,4	47,78	12,23	20,56	40,41	28,02	7,61	34,24	11,99	3,09	6,66	4,06
Zr	190,0	87,2	118,7	122	38	184	74	76	48	87,82	50,63	105,2	165	212,1	181,21	181,31	12,15	32,92	30,65	4,45
Nb	11,0	17,2	22,6	2,2	0,9	5,6	1,5	10,7	0,6	7,32	3,04	5,86	16,54	40,98	0,81	19,90	1,80	2,19	2,60	0,42
Cs	10,0	0,26	0,61	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,41	1,43	0,64	1,12	0,25	0,15	0,54	0,11	0,23	0,21	0,29
Ba	460,0	209	160	1084	225	179	64	150	56	694	91,7	179	412	191,6	476,4	634	191,3	71,3	364	219,9
La	48,0	43,35	48,71	89,1	13,6	44,4	43,8	50,7	59,8	89,71	41,22	48,38	98,47	10,92	15,42	67,60	22,48	6,55	51,63	6,74
Ce	75,0	91,2	98,3	176,9	26,4	121,9	121,3	126,3	116,9	179,5	95,28	130,7	211,8	34,78	34,95	165,1	46,9	22,8	112,7	13,7
Pr	10,0	9,79	12,41	19,6	3,7	15,9	11,4	10,0	15,0	27,96	10,46	15,78	25,10	4,49	3,75	29,71	5,12	2,16	4,69	1,53
Nd	36,0	38,6	44,0	70,9	13,8	59,5	37,2	47,4	64,7	98,6	33,52	56,3	81,4	17,01	13,80	81,4	18,02	7,36	61,0	5,69
Sm	8,0	6,46	8,88	10,09	0,50	6,46	6,46	7,98	10,14	14,27	5,99	11,51	16,89	4,48	2,26	14,10	2,89	1,41	8,85	1,01
Eu	1,2	1,03	1,34	1,64	0,50	0,50	1,80	3,28	1,31	4,73	0,83	1,84	3,03	0,87	0,42	3,21	0,38	0,24	1,83	0,15
Gd	5,8	5,69	6,75	13,48	2,30	13,96	0,50	6,73	11,92	16,35	5,14	9,12	16,78	4,52	1,94	15,96	2,65	1,14	2,30	1,00
Tb	0,8	0,67	0,84	1,50	0,50	0,50	0,50	0,39	1,38	2,24	0,65	1,08	2,03	0,88	0,30	1,82	0,35	0,16	0,95	0,13
Dy	4,4	3,38	4,99	9,09	3,16	0,50	4,45	5,41	5,06	8,40	2,64	5,19	9,07	5,08	1,74	9,21	1,95	0,87	1,24	0,70
Ho	0,7	0,69	0,57	1,99	0,50	0,50	0,50	1,33	0,50	1,51	0,49	0,88	1,60	1,04	0,32	1,41	0,36	0,15	0,21	0,14
Er	1,9	1,96	2,51	2,78	1,76	0,50	0,50	0,50	1,69	4,69	1,42	2,38	4,49	3,20	0,92	3,93	0,96	0,44	0,53	0,41
Tm	0,6	0,371	0,426	0,43	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,65	0,23	0,36	0,66	0,49	0,14	0,47	0,17	0,10	0,08	0,06
Yb	2,5	1,43	1,38	4,13	2,36	0,67	1,71	4,80	0,96	4,66	1,35	2,62	4,61	3,13	1,02	3,25	1,11	0,60	2,81	0,36
Lu	0,4	0,191	0,159	0,24	0,10	0,10	0,37	0,10	0,10	0,518	0,22	0,310	0,541	0,45	0,13	0,443	0,16	0,08	0,368	0,05
Hf	5,0	3,79	6,51	4,87	0,25	1,43	0,25	0,25	1,07	2,94	2,48	6,69	7,17	5,17	3,97	7,29	0,78	0,76	4,48	0,27
Ta	1,4	2,28	2,39	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1,99	0,67	2,06	2,85	2,28	0,53	3,57	0,34	0,33	2,19	0,13
Th	10,0	12,0	14,0	76,3	24,6	8,40	14,80	11,00	9,20	16,98	30,25	32,37	20,99	17,83	15,31	26,45	12,75	2,46	19,84	4,01
U	4,5	18,5	17,2	16,6	12,8	11,00	8,10	8,60	6,10	53,34	11,03	13,08	22,91	39,70	4,67	27,55	4,89	4,79	16,43	4,18

Таблица 6.5 – Содержание химических элементов в тонштейнах Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский), г/т

	Кларк, глина*	ВБЕЙ 3-16	ВБЕЙ 8-16	ВБЕЙ 11-16	ВБЕЙ 13-16	Т-16'а	Т-1-16'а	Т-2-16'а	Т-19	Т-19'
Sc	15,0	9,1	11,2	12,4	16,5	2,2	6,4	5,2	13,7	5,1
Cr	76,0	58,6	65,0	71,8	104,0	11,2	10,6	9,0	11,0	8,6
Co	19,0	37,4	35,6	38,3	45,1	0,7	0,3	0,4	0,7	11,1
Rb	130,0	18,0	21,8	30,7	47,8	7,1	4,1	4,6	3,4	2,1
Y	31,0	46,4	71,8	33,4	50,9	18,4	45,9	28,0	58,3	13,6
Zr	190,0	63,0	70,2	153,4	137,3	57,5	145,4	254,5	60,8	210,3
Nb	11,0	3,8	4,4	4,8	7,8	1,5	7,7	6,4	4,8	15,3
Cs	10,0	0,9	1,1	1,4	2,6	0,8	0,3	1,0	0,1	0,1
Ba	460	415	342	261	324	441	648	243	1309	316
La	48,0	11,1	14,4	15,2	33,0	34,6	68,4	64,6	14,2	16,4
Ce	75,0	25,4	42,3	43,5	92,8	71,7	159,3	146,2	41,9	48,6
Pr	10,0	3,2	5,9	5,7	12,2	7,0	17,3	16,9	5,8	6,7
Nd	36,0	15,4	32,5	29,5	56,7	23,3	62,9	60,6	25,4	29,7
Sm	8,0	5,4	10,2	8,1	12,3	3,5	11,7	10,4	8,7	6,8
Eu	1,2	1,3	2,4	1,7	2,7	0,6	1,1	1,2	1,9	1,3
Gd	5,8	5,9	13,7	7,3	13,1	3,2	10,0	8,7	9,6	6,1
Tb	0,8	0,8	1,7	1,0	1,6	0,4	1,3	1,2	1,4	0,8
Dy	4,4	5,6	11,9	7,0	10,9	2,2	9,5	7,4	10,1	4,0
Ho	0,7	1,3	2,3	1,2	1,9	0,4	1,8	1,3	1,8	0,6
Er	1,9	4,5	7,0	5,5	6,6	1,8	5,3	4,1	5,9	2,0
Tm	0,6	0,6	1,0	0,7	0,9	0,3	0,7	0,6	0,8	0,2
Yb	2,5	4,2	5,9	5,6	6,0	2,1	5,7	4,4	6,3	1,7
Lu	0,4	0,5	0,9	0,7	0,8	0,3	0,7	0,6	0,7	0,2
Hf	5,0	1,9	2,5	4,9	4,4	2,4	7,3	10,5	2,4	8,9
Ta	1,4	0,3	0,0	0,1	0,4	0,7	2,2	0,4	1,0	2,0
Th	10,0	3,4	4,2	14,7	7,5	39,7	55,6	18,7	10,4	13,1
U	4,5	2,2	2,1	3,1	4,6	19,4	18,8	15,6	21,1	6,5

Таблица 6.6 – Содержание химических элементов в тонштейнах Черногорского месторождения, г/т

	Кларк, глина*	Ч-4-15	Ч-8-15	Ч-15-15	Ч-19-15	Ч-22-15-2	Ч-26-15	Ч-45-15	Ч-44-15	Ч-42-15	Ч-39-15	Ч-38-15	Ч-37-15	Ч-34-15	ДВ 12-02	ДВ-17-02
Sc	15,0	9,7	7,8	9,3	22,8	5,2	33,0	44,4	3,7	3,1	3,4	11,6	37,1	6,2	1,2	3,8
Cr	76,0	13,9	47,1	23,2	91,2	12,9	88,8	19,4	71,0	37,6	15,4	43,3	414,7	97,1	35,5	21,5
Co	19,0	4,0	5,5	2,5	18,9	2,7	23,2	5,6	13,1	2,6	1,1	24,2	13,2	7,7	16,6	5,9
Rb	130,0	5,4	20,6	7,7	26,0	5,1	8,4	8,0	13,2	15,5	4,8	4,5	4,1	21,6	3,2	3,5
Y	31,0	61,3	54,0	79,6	54,0	22,4	113,0	405,6	26,8	29,1	75,2	51,2	83,4	39,3	8,4	48,9
Zr	190,0	95,0	143,1	258,2	482,6	100,2	1571,0	79,3	118,5	176,5	112,2	105,2	931,7	115,6	205,9	126,1
Nb	11,0	4,9	7,3	28,1	28,0	1,5	69,8	1,5	2,0	3,1	6,8	6,9	26,4	4,4	1,9	5,5
Cs	10,0	0,2	1,0	0,3	3,7	0,2	1,0	0,5	0,7	2,0	0,3	0,5	0,3	1,4	0,2	0,2
Ba	460,0	1278	424,6	442,1	963,5	490,4	1558	10300	179,2	177,8	401,0	1171	2725	189,7	162,4	614,4
La	48,0	119,4	103,0	84,3	93,4	5,5	193,3	150,8	94,4	98,0	6,6	5,3	117,7	93,9	8,6	65,7
Ce	75,0	250,3	214,7	180,7	172,1	9,6	407,1	302,5	173,0	165,7	26,7	9,7	184,0	166,3	26,7	118,1
Pr	10,0	29,8	24,9	21,5	18,5	1,1	46,7	39,9	18,7	17,2	5,0	1,2	16,3	17,6	3,1	13,1
Nd	36,0	112,4	85,1	85,3	62,6	4,5	179,0	190,7	65,1	60,5	24,9	4,1	48,8	63,9	14,8	46,7
Sm	8,0	20,6	16,8	18,3	11,5	2,1	31,6	50,3	11,0	9,9	8,7	2,4	10,1	11,4	4,1	11,1
Eu	1,2	2,2	2,4	3,6	2,1	0,7	6,3	12,3	1,8	1,7	1,9	1,0	2,2	2,1	0,5	1,9
Gd	5,8	17,3	14,7	18,1	10,8	3,5	30,5	66,4	9,2	8,4	9,9	4,3	14,3	9,9	3,0	11,9
Tb	0,8	2,3	2,1	2,6	1,6	0,6	4,2	10,0	1,1	1,0	1,8	0,9	2,5	1,3	0,5	1,7
Dy	4,4	11,6	11,4	16,4	9,8	3,2	22,4	61,3	5,1	5,7	10,9	4,9	16,2	7,8	2,5	7,6
Ho	0,7	2,4	2,1	3,3	1,9	0,9	4,7	12,2	0,9	1,1	2,4	1,5	3,1	1,5	0,3	1,6
Er	1,9	6,6	5,5	7,5	5,5	2,4	12,8	30,5	2,0	3,0	6,5	4,1	10,8	3,7	1,1	3,8
Tm	0,6	0,9	0,9	1,1	0,8	0,4	1,7	3,6	0,3	0,4	1,0	0,8	1,6	0,6	0,2	0,5
Yb	2,5	5,1	5,3	7,2	5,2	2,3	12,6	19,5	1,5	2,7	5,6	4,7	11,0	4,0	1,1	2,8
Lu	0,4	0,8	0,7	1,0	0,8	0,3	1,9	2,5	0,2	0,4	0,8	0,9	1,7	0,5	0,1	0,5
Hf	5,0	3,5	4,4	9,4	10,1	2,8	28,9	1,3	2,3	3,0	3,0	2,6	18,4	2,6	4,9	3,0
Ta	1,4	1,4	1,4	2,8	2,3	0,4	3,6	0,2	0,2	0,7	1,1	1,2	1,0	0,3	2,2	1,7
Th	10,0	23,7	28,3	27,7	28,1	12,6	38,6	15,2	7,3	23,0	13,2	9,7	20,6	7,3	68,3	26,2
U	4,5	5,8	8,5	9,8	5,9	2,6	29,4	2,8	3,2	8,9	3,3	1,9	12,5	5,7	5,2	1,6

7 Минералого-геохимическая идентификация первичного состава тонштейнов и влияние пирокластики на состав вмещающих углей

7.1 Методы определения первичного состава тонштейнов

Восстановление исходного состава пирокластики, из которой образовались тонштейны, проводилось с помощью диаграммы Винчестера и Флойда, а так же литохимических модулей [108, 42].

7.1.1 Определение первичного состава тонштейнов с помощью диаграммы Винчестера и Флойда

Одним из методов восстановления первичного состава пирокластического материала тонштейнов классификационная диаграмма Винчестера и Флойда (рис 7.1) [108].

Поскольку используемые элементы малоподвижны во время метаморфизма, данная диаграмма может быть применима к сильно измененным и метаморфизованным вулканитам. Ее использование может обеспечить более надежный метод распознавания исходного типа вулканических пород, в которые подверглись метаморфизму, в нашем случае угольному [108].

Согласно диаграмме, субщелочные базальты характеризуются относительно низкими отношениями Zr/Ti и Nb/Y , тогда как дациты и риолиты имеют более высокое отношение Zr/Ti , сохраняя при этом низкое отношение Nb/Y . Щелочные основные породы, как и другие основные породы, характеризуются низкими отношениями Zr/Ti , но характеризуются высокими отношениями Nb/Y , в то время как у щелочных разностей обычно высокие отношения Zr/Ti и Nb/Y (рис. 7.1). Таким образом, основные группировки тонштейнов могут быть выделены с помощью характерных для них пропорций малоподвижных и рассеянных элементов.

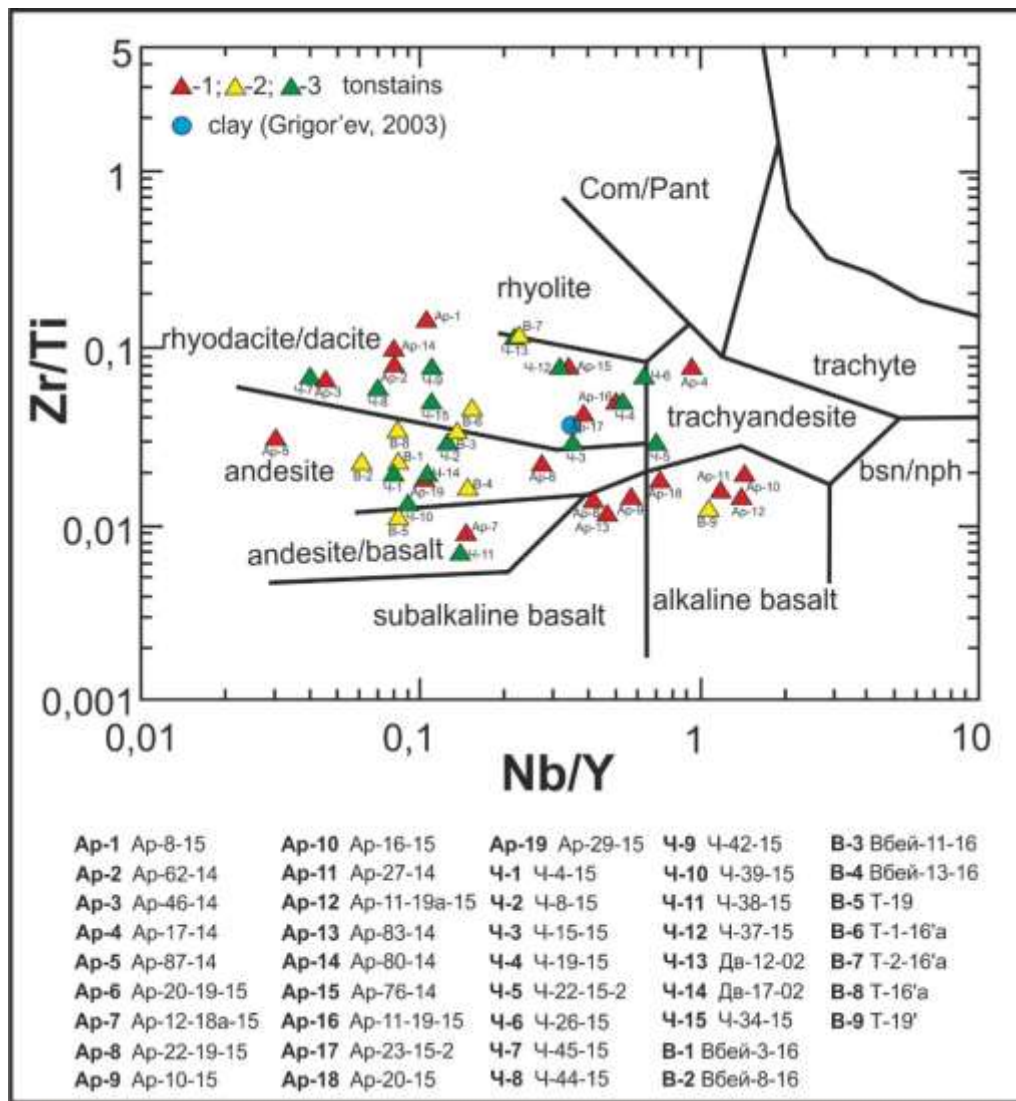


Рисунок 7.1 – Zr/Ti – Nb/Y классификационная диаграмма тонштейнов Минусинского бассейна: 1) Бейское месторождение (разрез Аршановский); 2) Бейское месторождение (разрез Восточно-Бейский); 3) Черногорское месторождение (разрез Черногорский)

Тонштейны Бейского месторождения (разрез Аршановский) разделились на группы в соответствии с составом исходной пирокластики (рис. 7.1). Тонштейны (Ap-11-19a-15, Ap-20-15, Ap-27-14, Ap-16-15) попали в поле пирокластики соответствующей составу щелочного базальта. Тонштейны (Ap-22-19-15, Ap-10-15, Ap-83-14) входят в поле пирокластики соответствующей по составу субщелочному базальту. Тонштейны (Ap-12-18a-15, Ap-20-19-15, Ap-87-14, Ap-17-14, Ap-29-15) расположились в поле среднего (трихитового,

андезитового и андезибазальтового) состава. Тонштейны (Ар-23-15-2, Ар-46-14, Ар-62-14, Ар-8-15, Ар-76-14, Ар-80-14) попали в поле соответствующее кислому (риодацитовому и риодацитовому) составу исходной пироклаستيку.

Тонштейны Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский) согласно составу пирокластического вещества, которое послужило для их образования, разделились на группы (рис. 7.1). Тонштейн (Т-19') по составу исходной пироклаستيку попал в поле щелочного базальта. Тонштейны (ВБЕЙ-13-16, ВБЕЙ-3-16, ВБЕЙ-8-16, Т-16'а, Т-19) расположились в поле среднего (андезитового и андезибазальтового) состава. Тонштейны (ВБЕЙ 11-16, ВБЕЙ-17-16, ВБЕЙ-19-16, Т-1-16'а, Т-2-16'а) соответствуют полю кислого (риодацитового) состава исходной пироклаستيку.

Тонштейны Черногорского месторождения (разрез Черногорский) разделились на группы в соответствии с составом исходной пироклаستيку (рис. 7.1). Тонштейн (Ч-29-15-1) по составу исходной пироклаستيку попадает в поле субщелочного базальта. Тонштейн (Ч-22-15-2, Ч-38-15, Ч-39-15, Ч-4-15, Ч-8-15, ДВ-17-02) расположились в поле среднего (трахитового, андезитового и андезибазальтового) состава. Тонштейны (Ч-15-15, Ч-19-15, Ч-26-15, Ч-34-15, Ч-37-15, Ч-42-15, Ч-44-15, Ч-45-15, Ч-46-15, ДВ-12-02) соответствуют полю кислого (риодацитового) состава исходной пироклаستيку.

7.1.2 Определение первичного состава тонштейнов с помощью литохимических модулей

Литохимические модули, являются еще одним параметром, который помогает определить состав исходной пироклаستيку.

Для чистого каолинита значение алюмокремниевого модуля ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) равно 1,18. Тонштейны АМ которых указывает на повышенную кремнистость, предположительно были образованы из пироклаستيку кислого состава.

Титановый модуль ($\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) служит отличным индикатором петрофонада основного и кислого состава. Иногда экстремально низкое

значение ТМ оказывается единственным признаком, позволяющим распознать влияние риолитового петрофона [42].

Так среди тонштейнов Бейского месторождения (разрез Аршановский) выделилась группа проб (Ар-20-15, Ар-22-19-15, Ар-23-15-2, Ар-27-14, Ар-8-15, Ар-87-14, Ар-10-15, Ар-16-15, Ар-17-14, Ар-29-15, Ар-76-14) с повышенным значением алюмокремниевого модуля. Данный факт говорит о возможности образования тонштейнов из пирокластике кислого состава (табл. 7.1).

Таблица 7.1 – Литохимические модули тонштейнов Бейского месторождения (разрез Аршановский)

№ пробы	ТМ	АМ
Ар-11-19а-15	0,086	1,261
Ар-12-18а-15	0,044	1,237
Ар-20-15	0,030	1,339
Ар-20-19-15	0,016	1,244
Ар-22-19-15	0,037	1,352
Ар-23-15-2	0,018	1,867
Ар-27-14	0,029	1,255
Ар-46-14	0,012	1,170
Ар-62-14	0,007	0,701
Ар-8-15	0,006	1,449
Ар-87-14	0,012	1,313
Ар-10-15	0,041	1,366
Ар-16-15	0,009	1,273
Ар-17-14	0,044	1,272
Ар-29-15	0,013	1,631
Ар-76-14	0,013	1,307
Ар-80-14	0,007	1,240
Ар-83-14	0,042	1,204

Согласно величине титанового модуля тонштейны (Ар-11-19а-15, Ар-12-18а-15, Ар-20-15, Ар-22-19-15, Ар-10-15, Ар-17-14, Ар-83-14) образовались под влиянием пирокластике среднего состава. Соответственно показаниям ТМ тонштейны (Ар-20-19-15, Ар-23-15-2, Ар-27-14, Ар-46-14, Ар-62-14, Ар-8-15, Ар-87-14, Ар-16-15, Ар-29-15, Ар-76-14, Ар-80-14) образовались из кислой пирокластике.

Используя комплекс методов, помогающих восстановить состав исходной пирокластики, можно сделать вывод о том, что тонштейны (Ар-23-15-2, Ар-8-15, Ар-76-14) образовались из пеплов кислого состава, а тонштейны (Ар-12-18а-15 и Ар-17-14) из пеплов среднего состава.

Тонштейны Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский) разделились на группы, по значению АМ. В одну из которых входят тонштейны (ВБЕЙ-11-16, ВБЕЙ-13-16, ВБЕЙ-3-16, ВБЕЙ-8-16, Т-2-16'а) с повышенной кремнистостью, следовательно, предположительным источником для которых послужила пирокластика кислого состава. Другая группа представлена тонштейнами с меньшей кремнистостью (табл. 7.2).

Таблица 7.2 – Литохимические модули тонштейнов Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский)

№ пробы	ТМ	АМ
ВБЕЙ 11-16	0,031	1,674
ВБЕЙ 13-16	0,046	1,952
ВБЕЙ 3-16	0,041	1,477
ВБЕЙ 8-16	0,046	1,612
Т-1-16'а	0,018	1,177
Т-16'а	0,011	1,253
Т-19	0,046	1,207
Т-19'	0,069	1,201
Т-2-16'а	0,009	1,304

Согласно величине титанового модуля тонштейны (ВБЕЙ-11-16, ВБЕЙ-13-16, ВБЕЙ-3-16, ВБЕЙ-8-16, Т-19, Т-19') образовались под влиянием пирокластики среднего состава, а тонштейны (Т-1-16'а, Т-16'а, Т-2-16'а) из кислой пирокластики.

Тонштейн (Т-2-16'а) образовался из пирокластики кислого состава, что подтверждается ТМ, АМ, а также диаграммой Винчестера и Флойда.

Среди тонштейнов Черногорского месторождения (разрез Черногорский) было выявлена проба (Ч-8-15) АМ которой говорит о её повышенной кремнистости (табл. 7.3).

Согласно величине титанового модуля тонштейны (Ч-26-15, Ч-29-15-1) образовались из пепла основного состава, тонштейны (Ч-15-15, Ч-19-15, Ч-37-15, Ч-38-15, Ч-39-15, Ч-4-15, ДВ-17-02) под влиянием пирокластики среднего состава, а тонштейны (Ч-22-15-2, Ч-34-15, Ч-42-15, Ч-44-15, Ч-45-15, Ч-46-15, Ч-8-15, ДВ 12-02) из кислой пирокластики.

Таблица 7.3 – Литохимические модули тонштейнов Черногорского месторождения (разрез Черногорский)

№ пробы	ТМ	АМ
Ч-15-15	0,039	1,056
Ч-19-15	0,063	н.д.
Ч-22-15-2	0,016	0,631
Ч-26-15	0,107	н.д.
Ч-29-15-1	0,139	н.д.
Ч-34-15	0,013	0,929
Ч-37-15	0,051	н.д.
Ч-38-15	0,083	н.д.
Ч-39-15	0,032	1,059
Ч-4-15	0,033	1,001
Ч-42-15	0,010	1,135
Ч-44-15	0,010	0,860
Ч-45-15	0,006	0,688
Ч-46-15	0,019	0,354
Ч-8-15	0,023	1,303
ДВ 12-02	0,007	0,715
ДВ-17-02	0,030	0,964

Используя комплекс методов восстановления первичной пирокластики, можно сделать вывод о том, что тонштейны (Ч-38-15, Ч-39-15, Ч-4-15, ДВ-17-02) образовались из пепла среднего состава, а тонштейны (Ч-42-15, Ч-8-15) из кислой пирокластики.

7.2 Влияние пирокластики на химический состав вмещающих углей

Разный состав исходной пирокластики, из которой образовались тонштейны, говорит о том, что угли, находящиеся в непосредственном контакте с тонштейном обогащены определённым набором элементов [15].

Существует специфическая особенность торфяников, которая заключается в способности сохранять попадающие в них элементы. После выщелачивания из тонштейна, химические элементы накапливаются на границе с ним в органическом веществе, как выше тонштейна, так и под ним [6].

Мощность ореола накопления химического элемента над и под тонштейном зависит от подвижности элемента в палеоболотной среде и последующей его диффузии из тонштейна в уголь в процессе углефикации. Формирующиеся при этом минеральные ассоциации отличаются от исходных минералов тонштейнов. Используя математические процедуры, можно ориентировочно рассчитать содержания этих элементов в исходном пепловом материале [8].

7.2.1 Влияние пирокластики на геохимию углей Бейского месторождения

Корреляционный анализ, выполненный для проб угля Бейского месторождения (разрез Аршановский), показывает значимую положительную связь тория с РЗЭ, гафнием, танталом и ураном. Кластерный анализ свидетельствует о геохимической близости Та, Th, U, Hf и РЗЭ (рис. 7.2). Этот набор элементов-гидролизатов связан с пирокластикой. Так же из дендограммы видно, что эта группа элементов не определяет зольность углей.

Ниже представлена детальная характеристика влияния тонштейнов на геохимию углей. Описание ведётся от ранних к более поздним тонштейнам, по времени их образования.

Обработка химических анализов углей Бейского месторождения (разрез Аршановский) позволила выявить элементы, концентрация которых уменьшается при удалении от тонштейна. Набор элементов изменяется в зависимости от состава исходного пепла образовавшего тонштейн, например пепел кислого состава послужил источником накопления – РЗЭ, Hf, Ta, Pb, Th и U. В свою очередь накопление ТРЗЭ, Fe, Cr, Sc, Hf, Ta и Th свойственно пеплам среднего состава.

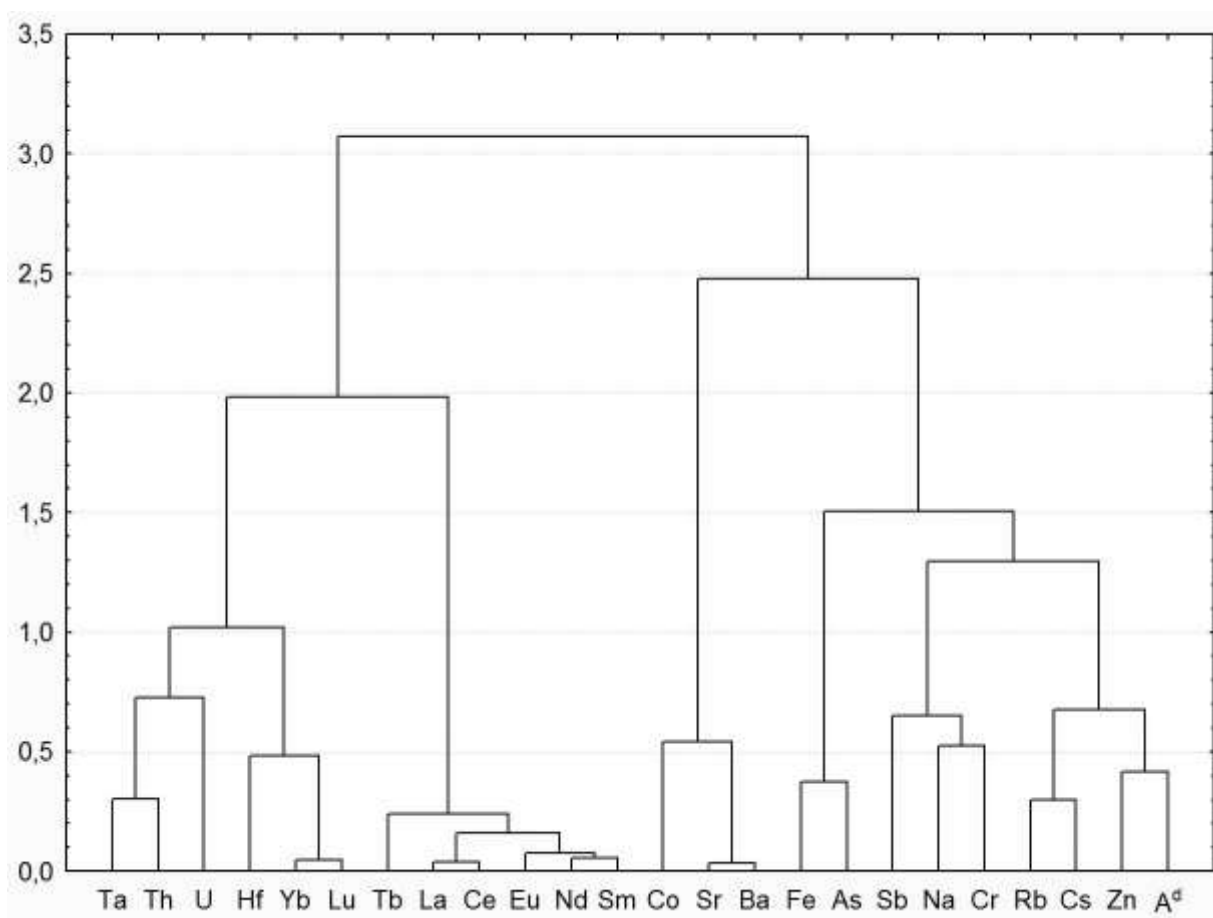


Рисунок 7.2 – Дендограмма корреляционной матрицы геохимического спектра углей Бейского месторождения (разрез Аршановский)

В пласте 15 выявлено четыре тонштейна, мощность которых варьирует от 0,4 до 2 см. Самым ранним в разрезе пласта является тонштейн (Ар-87-14). В 25,5 см над ним, находится тонштейн (Ар-83-14), в 7 см над которым

расположен тонштейн (Ар-80-14). На 34 см выше расположен тонштейн (Ар-76-14).

В составе золы углей, которые граничат с тонштейном (Ар-87-14), образовавшегося из пеплов андезитового состава, выявлена повышенная концентрация РЗЭ – 758 г/т, Ti – 2,4%, Fe – 3,9%, Co – 424 г/т, Th – 129 г/т, U – 153 г/т [16].

Состав золы углей, как над, так и под тонштейном (Ар-83-14), образованного из субщелочно-базальтоидной пироклаستيку, в равной степени выделяется высокой концентрацией Cr, Zr, Nb, Mo, Ba, Hf, Ta, Pb, Th и U. Стоит особо выделить содержание хрома – 1,8%, циркония – 0,45%, гафния – 83,7 г/т, тантала – 5,21 г/т, тория – 83,1 г/т и урана – 123 г/т.

В составе золы углей, которые с обеих сторон граничат с тонштейном (Ар-80-14), образовавшимся из пеплов риодацитового состава, наблюдается высокое содержание Cr, Zn, Se, Zr, Ba, Hf, Ta, Pb, Th и U. Отдельно стоит отметить содержание селена – 0,24%, циркония – 0,23%, бария – 0,26%, тория – 92,4 г/т и урана – 88,9 г/т.

Состав золы углей, как над, так и под тонштейном (Ар-76-14), образованного из пироклаستيку риодацитового состава, аналогичной нижележащему тонштейну (Ар-80-14), в равной степени выделяется высокой концентрацией РЗЭ, Cr, Fe, Hf, Ta, Pb, Th и U. Стоит особо выделить содержание РЗЭ – 0,2%, железа – 15%, гафния – 118 г/т, тория – 434 г/т и урана – 149 г/т.

Отдельно следует заострить внимание, на аномально высоких концентрациях хрома в золе угля, находящегося между двумя тонштейнами (Ар-80-14 и Ар-76-14). Уровень накопления хрома в межтонштейнных углях достигает 4%. Примечательно, что оба тонштейна образованы из пепла кислого состава.

В пласте 16 найден один тонштейн (Ар-46-14), мощностью 2,5 см, образованный из пироклаستيку риодацитового состава. Золы углей, которые находятся в контакте с данным тонштейном характеризуются высокой

концентрацией РЗЭ, Co, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Zr, Nb, Pb, Cd, In, Sn, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Tl, Th, U. Следует особенно выделить содержание урана, достигающее в золе угля 156 г/т, тория – 257 г/т, кобальта – 0,21% и тантала – 55,2 г/т [16].

В пласте 16а обнаружен тонштейн (Ap-62-14), мощностью 2,5 см. Состав исходной пироклаستيку тонштейна определен как риодацитовый. Зола притонштейнового угля, аномально обогащена ураном – 385 г/т, торием – 212 г/т, стронцием – 11%, цирконием – 0,3%, кобальтом – 749 г/т и танталом – 9,3 г/т (рис. 7.3).

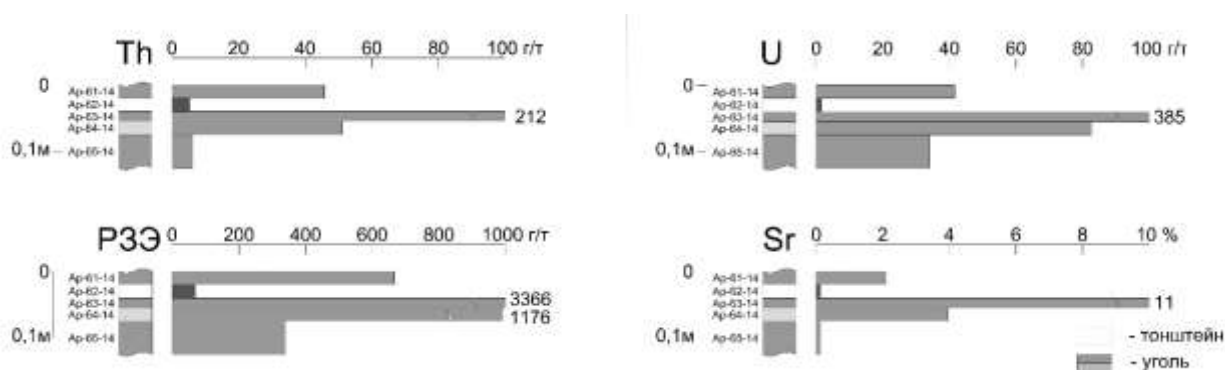


Рисунок 7.3 – Распределение Th, U, PZЭ и Sr (в золе угля) в разрезе пласта 16а

В пласте 18а исследован один тонштейн (Ap-12-18а-15), мощностью 3см. Образованный из пепла андезибазальтового состава. В составе золы углей, которые граничат с нижней частью тонштейна (Ap-12-18а-15), наблюдается высокое содержание PZЭ – 0,12%, Fe – 37,6% и U – 66,8 г/т.

В пласте 19 обнаружено 6 тонштейнов, мощность которых варьируется от 0,5 до 10 см. Самым ранним в разрезе пласта является тонштейн (Ap-29-15). В 65,5 см над ним, находится тонштейн (Ap-23-15-2), в 12 см над которым расположен тонштейн (Ap-20-15). На 64 см выше расположен тонштейн (Ap-16-15), в 111 см над которым расположен тонштейн (Ap-10-15). На 1 см ниже расположен тонштейн (Ap-8-15).

Тонштейн (Ap-29-15) образовался из пироклаستيку андезитового состава. Зола углей, граничащих с ним с обеих сторон, существенно обогащена PZЭ, Cr, Cu, Zn, Sr, Zr, Mo, Ba, Hf, W, Pb и U. Отметим содержания некоторых

из них: P3Э – 0,2%, железа – 8,1%, меди – 606 г/т, гафния – 50,8 г/т, ванадия – 20,1 г/т и урана – 100 г/т.

Зола угля, который окружает тонштейн (Ар-23-15-2), образовавшийся из пирокластики риодацитового состава, выделяется повышенным содержанием Zr – 0,2%, Hf – 28,8 г/т, Ta – 10,3 г/т, Th – 57,5 г/т и U – 50,6 г/т.

Золы углей, которые граничат с тонштейном (Ар-20-15) образованным из щелочно-базальтоидной пирокластики, обогащены следующими элементами: титан – 1,6%, железо – 8,4%, цинк – 336 г/т, цирконий – 0,1%, торий – 15,6 г/т и уран – 68,2 г/т.

Угли, а особенно золы углей, находящиеся в контакте с тонштейном (Ар-16-15), образованным из пирокластики щелочно-базальтоидного состава, существенно обогащены P3Э, Sc, Zr, Sr, Zr, Mo, Ba, Hf, Th и U. Стоит отметить содержание некоторых элементов: P3Э – 618 г/т, циркония – 520 г/т, молибдена – 92 г/т, гафния – 20,2 г/т, тория – 21,5 г/т и урана – 46,5 г/т.

Зола угля, который находится снизу тонштейна (Ар-10-15), образовавшегося из пирокластики субщелочно-базальтоидного состава, наблюдается повышенная концентрация P3Э – 0,15%, Zn – 136 г/т, Zr – 936 г/т, Th – 35,5 г/т и U – 4,7 г/т.

Зола угля, который находится над тонштейном (Ар-8-15), образовавшимся из пирокластики риолитового состава, обогащен следующими элементами: P3Э, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Zr, Ba, Hf, Th и U. Содержание некоторых из них следует отметить отдельно: железа – 4,3%, циркония – 0,35%, тория – 121 г/т и урана – 134 г/т.

Особое внимание стоит обратить на пробу угля, который находится между двумя тонштейнами (Ар-10-15 и Ар-8-15), образованными из субщелочно-базальтоидной и риолитовой пирокластики соответственно. При мощности в 1 см этот уголь обогащен P3Э – 699 г/т, Th – 712 г/т и U – 30 г/т. Вероятно вклад в обогащение данной пробы угля таким набором элементов внесли оба тонштейна.

В пласте 19а был опробован тонштейн (Ар-11-19а-15), мощностью в 1 см. Пирокластика из которой образовался данный тонштейн соответствует составу щелочного базальта. Зола углей, которые граничат с выше указанным тонштейном обогащена РЗЭ, Co, Cu, Sr, Zr, Mo, Hf, Ta, Th и U. Особо стоит выделить содержание РЗЭ – 0,15%, Cu – 139 г/т, Sr – 2,7%, Th – 72,5 г/т и U – 88,6 г/т.

Корреляционный анализ, выполненный для проб угля Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский), показывает значимую положительную связь тория с ураном, гафнием, танталом, стронцием. Кластерный анализ свидетельствует о геохимической близости Th, Hf, U, Ta и Sr (рис. 7.4). Такой набор элементов-гидрализатов связан с пирокластическим веществом. Анализ дендограммы говорит о том, что группа элементов (Th, Hf, U, Ta, Sr) не определяет зольность углей.

Стоит отметить малую выборку при статистическом анализе, что может объяснить наличие в ранее описанной группе элементов Na, Br, Ba.

Обработка химических анализов углей Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский) позволила выявить элементы, концентрация которых уменьшается при удалении от тонштейна. Набор элементов зависит от состава исходного пепла, образовавшего тонштейн.

В пласте 16'а было опробовано три тонштейна (Т-16'а, Т-2-16'а, Т-1-16'а), их мощность варьируется от 1 до 4 см.

В углях, находящихся в контакте с тонштейном (Т-16'а), образовавшимся из пирокластического вещества андезитового состава прослеживается повышенная концентрация РЗЭ, Fe, Zn, Sr, Ba, Hf, Ta, Th и U. Следует особенно выделить содержание урана, достигающее в золе угля 106 г/т, РЗЭ – 913 г/т, тория – 296 г/т, гафния – 70,4 г/т, цинк – 159 г/т и железа – 16,3 %.

В углях, находящихся под тонштейном (Т-2-16'а) образовавшимся из пепла риодацитового состава наблюдается повышенная концентрация Sr, Ba,

Hf, Ta, Th и U. Стоит особо выделить содержание урана, достигающее в золе угля 42,4 г/т, тория – 53 г/т, гафния – 93,3 г/т, бария – 0,14% и стронция – 0,24%.

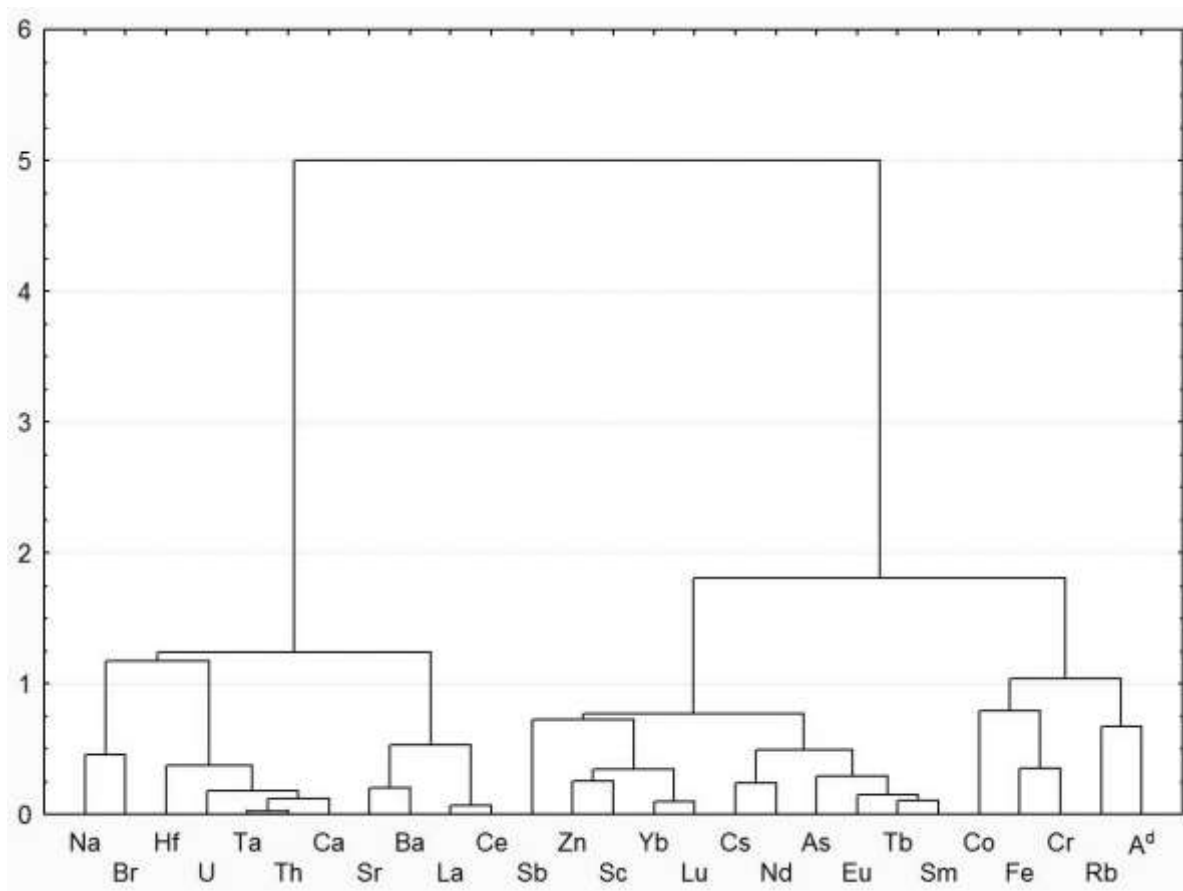


Рисунок 7.4 – Дендограмма корреляционной матрицы геохимического спектра углей Бейского месторождения (разрез Восточно-Бейский)

В золах углей, находящихся над тонштейном (Т-1-16'а) образовавшимся из пирокластики риодацитового состава наблюдается высокое содержание РЗЭ – 0,2%, Sr – 1,2%, Ba – 0,6%, Hf – 490 г/т, Ta – 31,3 г/т, Th – 438 г/т и U – 161 г/т.

Следует отдельно отметить высокие содержания некоторых элементов угле, находящемся между тонштейнами (Т-2-16'а и Т-1-16'а), которые образовались из пирокластики риодацитового состава. Концентрация элементов в золе вышеупомянутого угля достигается следующих концентраций: РЗЭ – 338, Sr – 0,32%, Ba – 0,14%, Hf – 93,3%, Th – 53 г/т и U – 42,4 г/т.

В пласте 19' был опробован тонштейн (Т-19') мощностью 1,2 см, образовавшийся из пирокластики щелочно-базальтоидного состава. Зола угля находящегося в контакте с данным тонштейном обогащена РЗЭ – 566 г/т, Fe – 10,8 %, Zn – 172 г/т, Th – 36,0 г/т и U – 17,8 г/т.

Пласт 19 содержит один тонштейн (Т-19) мощностью 1 см, образовавшийся из пирокластики андезитового состава. Зола притонштейнового угля обогащена Ва – 0,15%, Th – 29,5 г/т, U – 19 г/т.

В пласте 19а обнаружено четыре тонштейна, мощность которых варьируется от 0,5 до 1 см. Первым в разрезе пласта является тонштейн (ВБЕЙ-13-16), на 2 см выше которого располагается тонштейн (ВБЕЙ-11-16). В 4,5 см над ним находится тонштейн (ВБЕЙ-8-16), на 10 см выше которого залегает тонштейн (ВБЕЙ-3-16).

Зола угля, находящегося между тонштейнами (ВБЕЙ-13-16 и ВБЕЙ-11-16), соответственно андезитового и риодацитного состава исходной пирокластики, обогащена РЗЭ – 220 г/т, Со – 163 г/т и Th – 25,6 г/т.

Зола угля, находящегося между тонштейнами (ВБЕЙ-11-16 и ВБЕЙ-8-16), образовавшиеся из риодацитного и андезитового состава соответственно, обогащена РЗЭ – 403 г/т, Со – 337 г/т, Hf – 10 г/т и Th – 10,8 г/т.

Угли, а особенно зола углей, находящихся над тонштейном (ВБЕЙ-8-16) существенно обогащены РЗЭ – 0,2%, Sr – 0,8 г/т, Ва – 0,2 г/т, Hf – 24,8 г/т, Th – 76,7 г/т.

Зола угля, находящегося в контакте с тонштейном (ВБЕЙ-3-16) образованным из пирокластики андезитового состава, обогащена Со – 0,1%, Sr – 735 г/т, Ва – 0,1%, Hf – 22,3 г/т, Th – 37,7 г/т и U – 7,61 г/т.

7.2.2 Влияние пирокластики на геохимию углей Черногорского месторождения

Корреляционный анализ, выполненный для проб угля Черногорского месторождения (разрез Черногорский), показывает значимую положительную

связь тория с ураном, гафнием, танталом, стронцием. Кластерный анализ свидетельствует о геохимической близости Th, U, Pb, РЗЭ (рис. 7.5). Так же отмечается, что набор этих элементов определяет зольность углей.

Также были выявлены элементы, концентрация которых обратно пропорциональна расстоянию от тонштейна. Это доказывает, что источником этих элементов являлась пепел, в дальнейшем преобразованный в тонштейн. В зависимости от состава пироклаستيку из которой образовался тонштейн, изменяется и набор химических элементов, которыми обогащен притонштейнный уголь. Так угли, находящиеся в контакте с тонштейнами образовавшимися из кислого пепла обогащены РЗЭ, Sn, Ta, Pb, Th, и U. Угли, находящиеся в контакте с тонштейнами образовавшимися из пирокластики среднего состава существенно обогащены ЛРЗЭ, Rb, Cd и Th.

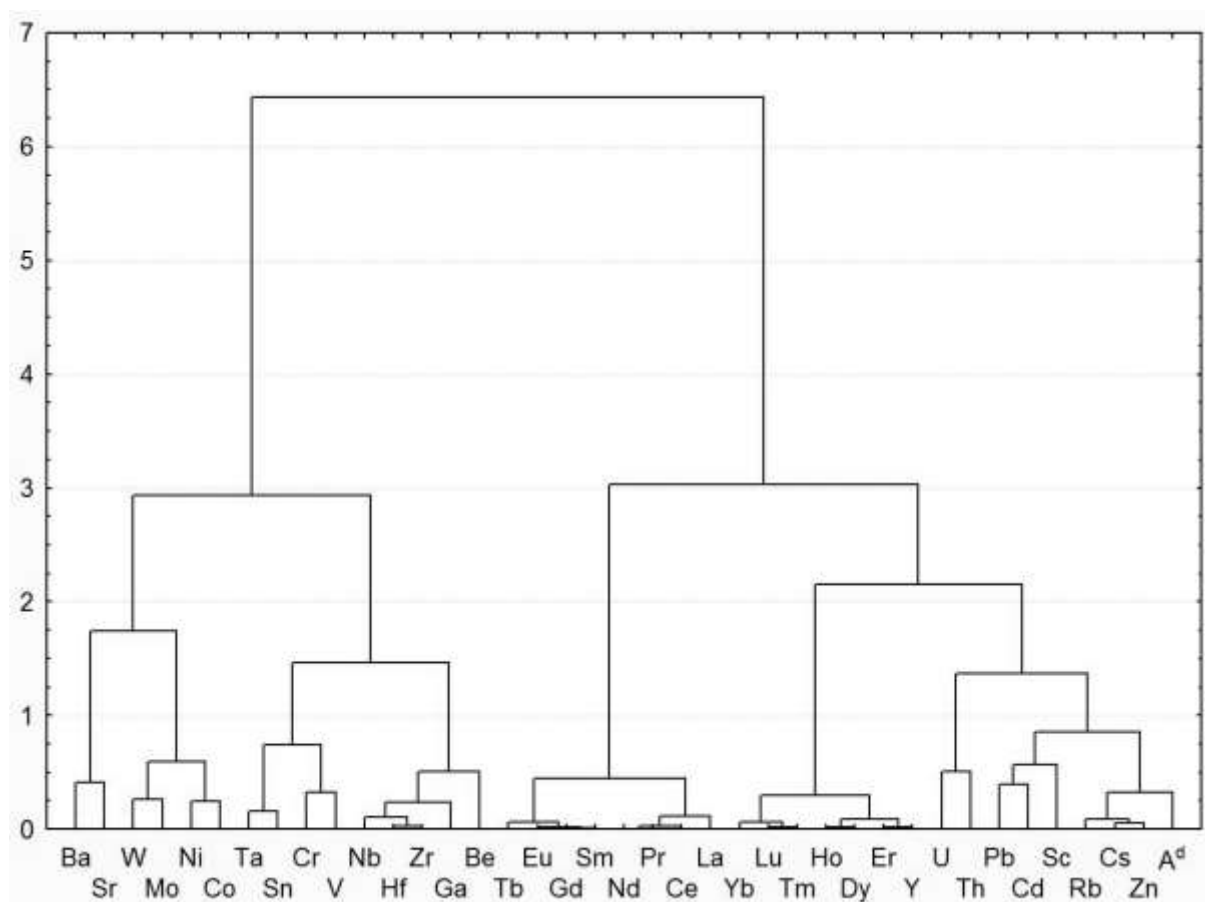


Рисунок 7.5 – Дендограмма корреляционной матрицы геохимического спектра углей Черногорского месторождения

В пласте Гигант стоит особенно отметить четыре тонштейна, мощность которых варьируется от 0,8 до 2 см.

В составе золы углей, которые располагаются непосредственно над тонштейном (Ч-29-15-1), образованным из субщелочной пироклаستيку, отмечено повышенное содержание РЗЭ, V, Co, Cr, Ni, Zn, Sr, Y, Zr, Ba, Hf, Pb и Th. Следует особенно выделить аномальное содержание РЗЭ (411 г/т), Co (54,9 г/т), Ni (264 г/т), Sr (0,28%), Zr (0,19 %), Ba (0,64%), Pb (314 г/т), Th (43 г/т) [17].

Состав золы углей, как над, так и под тонштейном (Ч-34-15), образовавшимся из пеплов риодацитового состава, в равной степени выделяется высокой концентрацией РЗЭ, Ni, Zn, Ga, Sr, Zr, Nb, Mo, Ba, Hf, Ta, Th и U. Стоит особо выделить содержание стронция – 0,5%, ниобия – 170 г/т, молибдена – 33,5 г/т и тантала – 4,3 г/т.

В составе золы углей, которые граничат с тонштейном с обеих сторон (Ч-38-15), который образовался из пироклаستيку андезибазальтового состава, выявлена повышенная концентрация V, Cr, Co, Ni, Sr, Y, Zr, Ba и Pb. Отметим отдельно аномальное содержание V – 710 г/т, Cr – 182 г/т, Co – 382 г/т и Ni – 437 г/т.

Зола углей, которые находятся над и под тонштейном (Ч-42-15), образованным из риодацитовой пироклаستيку, аномально обогащена РЗЭ, Ni, Zn, Ga, Rb, Sr, Zr, Nb, Ba, Pb, Th и U. Стоит особо отметить концентрацию РЗЭ (706 г/т), Ni (448 г/т), Ga (192 г/т), Rb (0,16%), Th (249 г/т) и U (109 г/т).

В пласте Мощный, было выявлено два тонштейна: Ч-26-15 и расположенный в 135,5 см над ним Ч-22-15-2.

Зола углей, находящихся в контакте с тонштейном (Ч-22-15-2), который образовался из пироклаستيку трахиандезитового состава, сверху и снизу, существенно обогащена РЗЭ, Sc, Y, Co, Ni, Zn, Ga, Sr, Zr, Nb, Mo, Sn, Ba, Hf, Ta, Pb, Th и U. Следует особенно выделить содержание стронция, достигающее в золе угля 2,9%, циркония – 0,4%, бария – 1,5%, тория – 130 г/т.

Стоит отметить, что содержание большинства анализируемых элементов на порядок больше в тонштейне (Ч-22-15-2), по сравнению с тонштейном (Ч-26-15), образованного из пирокластике риодацитового состава.

Пласт Великан-1 Черногорского каменноугольного месторождения содержит в себе три тонштейна: Ч-15-15, в 19 см над ним, расположен Ч-8-15, а в 14 см выше встречен Ч-4-15. На поведение некоторых элементов могло повлиять близкое расположения изученных тонштейнов друг к другу.

В составе золы углей, которые граничат с тонштейном (Ч-15-15), исходным материалом для которого являлась риодацитовая пирокластика, выявлена повышенная концентрация Be, Sc, V, Cr, Co, Zn, Rb, Sr, Zr, Cs, Ba, Pb. Отмечено, что зола угля, находящегося под этим же тонштейном обогащена Ni, Mo, Sn, Hf.

В углях, находящихся в контакте с нижней частью тонштейна (Ч-8-15), образовавшегося из пирокластике андезитового состава, наблюдаются аномальные концентрации РЗЭ, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sn, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Pb, Th и U. Так, в составе золы углей на границе с нижней частью тонштейна выявлены аномально высокие концентрации суммы РЗЭ (0,16%), Ni (0,11%), Sr (0,19%), Zr (2,47%), Nb (556,9 г/т), Th (67,0 г/т), U (60,9 г/т). Уголь, расположенный над тонштейном, в меньшей степени обогащен Sc, V, Cr, Co, Rb, Sr, Zr, Nb, Cs, W, чем под ним.

Зола углей, находящихся в контакте с тонштейном (Ч-4-15), материалом для которого послужила андезитовая пирокластика, сверху и снизу, отличается повышенным содержанием тяжелых лантаноидов, Be, Sc, V, Cr, Co, Ni, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Pb и U. Стоит отметить, что проба угля, находящегося в 17 сантиметрах над тонштейном была отобрана в непосредственной близости от кровли пласта. Этим может быть объяснена повышенная концентрация практически всего спектра проанализированных элементов в данной пробе, так как в данном случае наблюдается действие закона Зельберминца [18, 37]. Также уголь находящийся внизу разреза пласта,

значительно обогащен всеми элементами, на содержание которых проводился анализ.

Пласт Двухаршинный содержит в себе два тонштейна: Дв-17-02, в 33 см над ним расположен Дв-12-02. Малое расстояние между изученными тонштейнами, может повлиять на существенное обогащение золы угля, находящегося между тонштейнами.

Зола углей, находящаяся в контакте с тонштейном (Дв-17-02), образованным из андезитовой пирокластики, обогащена РЗЭ – 0,4%, Sr – 2,7%, Zr – 0,4%, Мо – 82,5 г/т, Ва – 2,7%, Hf – 95 г/т, W – 110 г/т, Та – 9,3 г/т, Th – 88,8 г/т, U – 19,9 г/т.

В составе золы углей, которые граничат с тонштейном (Дв-12-02), образовавшимся из пирокластики риодацитового состава, выявлены аномальные концентрации РЗЭ – 0,2%, Sr – 0,86%, Zr – 0,13%, Мо – 146 г/т, Ва – 1,2%, Hf – 34,1 г/т, W – 561 г/т, Та – 28,4 г/т, Th – 269 г/т, U – 59,8 г/т [14].

На рисунке 7.6 показано распределение Th, U и Та в разрезе пласта Двухаршинный.

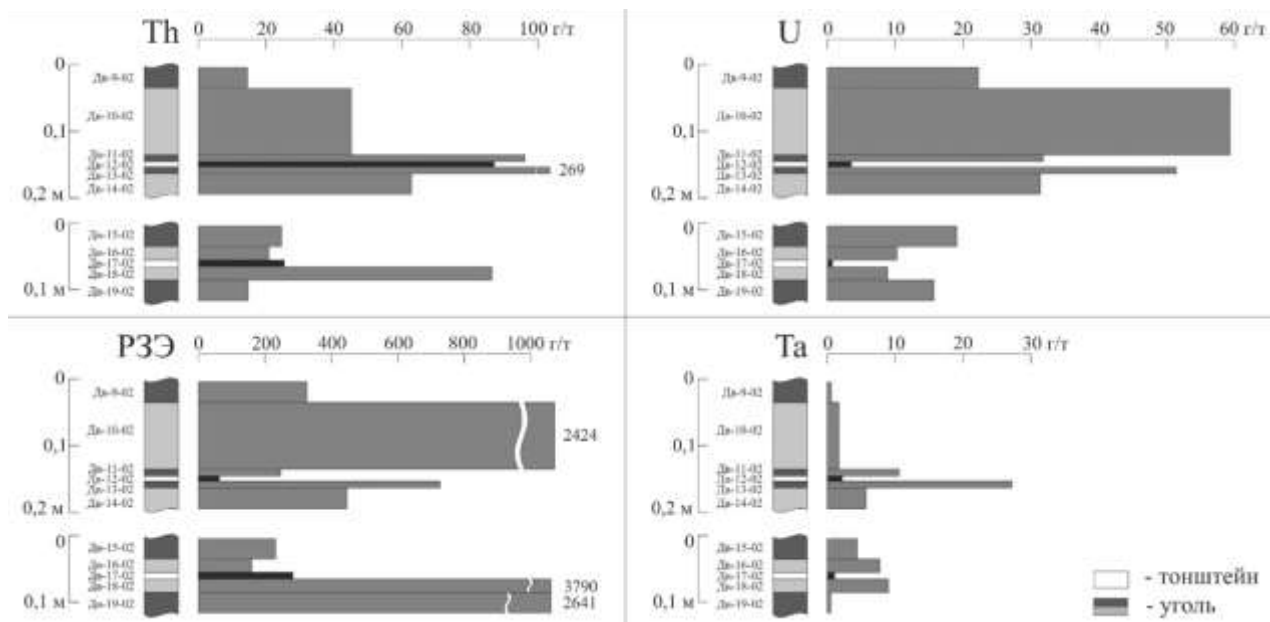


Рисунок 7.6 – Распределение Th, U, РЗЭ и Та (в золе угля) в разрезе пласта Двухаршинный

Интенсивное преобразование пирокластики в агрессивной среде торфяника привело к миграции РЗЭ, U, Th, Ta, Sr, Zr, Ba и других элементов и обогащению ими близлежащих горизонтов торфа. Восстановительная обстановка благоприятствовала образованию аутигенных минералов в угле и в самом тонштейне. Что объясняет наличие корродированных кристаллов в тонштейнах, о которых упоминалось ранее, при описании минерального состава тонштейнов.

Анализ данных о содержаниях РЗЭ в тонштейнах и вмещающих их углях, говорит о существенном перераспределении редкоземельных элементов. Это обусловлено интенсивным преобразованием палеоторфяника в бурый, а затем в каменный уголь.

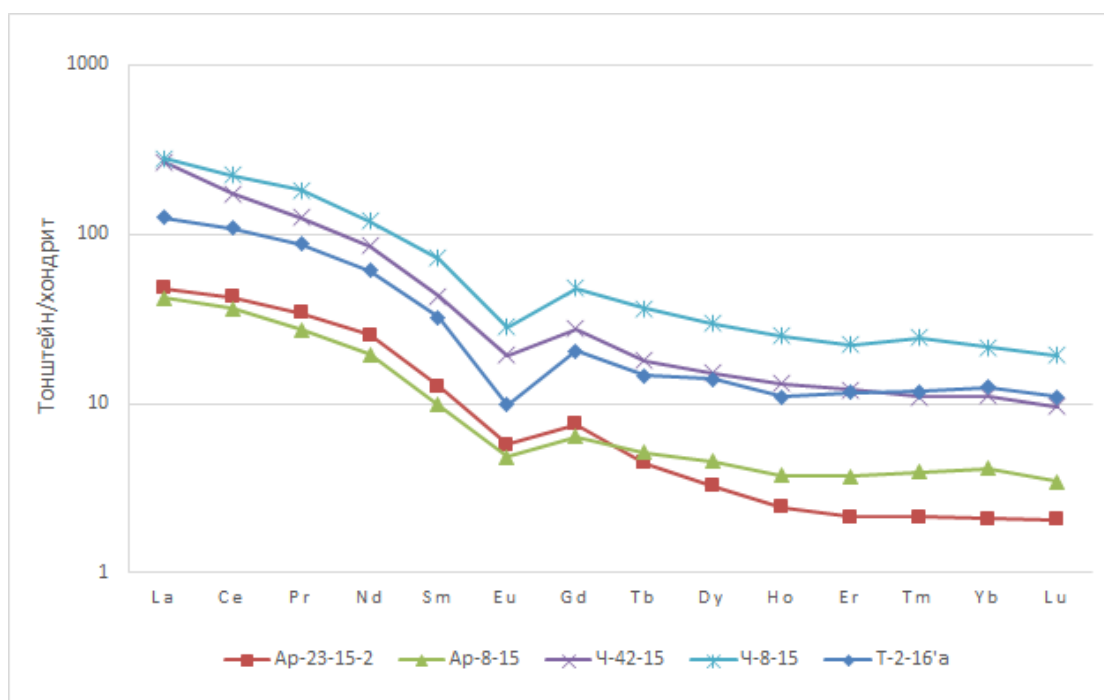


Рисунок 7.7 – Нормированные кривые распределения РЗЭ в тонштейнах кислого состава

Тем не менее, уровень накопления и соотношение РЗЭ может быть отличительной особенностью тонштейнов. Так распределение редкоземельных элементов в тонштейнах кислого состава характеризуется повышенным содержанием легких редкоземельных элементов, европейским минимумом и

выполаживанием линии содержания тяжелых редкоземельных элементов (рис. 7.7).

В свою очередь угли Черногорского месторождения вне зон влияния тонштейнов выражаются меньшим содержанием урана и тория, по сравнению с Бейским месторождением. Содержание U здесь составляет 0,7 г/т, Th – 1,0 г/т.

Таблица 7.4 – среднее содержание U, Th и зольность (A^d) некоторых углей, содержащих пирокластический материал

Месторождение	В среднем, для разреза			Участки вне зоны влияния пирокластики		
	A^d , %	Th, г/т	U, г/т	A^d , %	Th, г/т	U, г/т
Бейское	10,5	2,9	3,2	8,9	1,6	2,5
Черногорское	8,3	2,9	1,2	7,2	1,0	0,7

Примечание: приведены средние данные по отдельным сечениям, а не средние оценки по месторождениям

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью настоящей работы является оценка роли пирокластического материала в накоплении редких и радиоактивных элементов-примесей в углях Минусинского каменноугольного бассейна.

На основании технического задания были установлены следующие сроки выполнения работ:

начало работ: сентябрь 2016 г.

окончание работ: ноябрь 2016 г.

Для достижения поставленной цели были проведены: опробование, пробоподготовка, лабораторно-аналитические исследования, обработка и интерпретация результатов. Полученные данные помогут оценить роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях Минусинского бассейна. Данная информация может оценить рентабельность попутного извлечения редких металлов при добыче угля.

Сметная стоимость составляется с использованием нормативно правовых документов:

- Сборник сметных норм на геологоразведочные работы за 1992 год выпуск №1, №7 (ССН-92, Вып.1, Вып.7);

- Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы;

- Сборник норм основных расходов на геологоразведочные работы за 1993 год выпуск №1 (СНОР-93, Вып.1).

Все расчеты затрат, необходимых для проведения научно-исследовательской работы, приведены в табл. 8.1-8.6, схема финансовых затрат представлена на рисунке 8.

8.1 Расчет затрат времени, труда, материалов, оборудования

Для проведения обработки результатов геохимических работ будут привлечены пять сотрудников. Местом работы будут являться рабочий кабинет, общей площадью 80 м², оборудованные персональными компьютерами, с тем расчетом, что у каждого будет свой компьютер, помимо этого, у двух сотрудников должно быть по два монитора, для облегчения сравнения и сопоставления полученных графических данных. Помимо этого, в отдельном помещении будет находиться вся печатная техника, а именно, принтер HP Color LaserJet CP2025, многофункциональное устройство Panasonic KX-MB1900RU.

Расчет затрат на возмещение износа основных средств используемых при выполнении работ, приведен в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Расчет затрат на возмещение износа основных средств (амортизационные отчисления)

Наименование основных средств	Ед. изм.	Число единиц	Балансовая стоимость единицы, руб.	Продолжительность использования, месяцев	Норматив годовых отчислений, %	Сумма, тыс. руб.
ПК Samsung	шт	12	40000	3	20	24,0
Принтер HP	шт	1	9000	3	20	1,2
МФУ Panasonic	шт	1	16000	3	20	2,1
Итого	шт	14	65000	9	40	27,3

Для выше указанного оборудования, в нужном количестве должны быть закуплены расходные материалы, а именно картриджи, тонеры и офисная бумага формата А4, А3, А1. Также для работы необходимо будет закупить шариковые автоматические ручки, простые карандаши, папки для бумаг и USB-накопитель, для дальнейшей записи отчетов и графического материала в электронном виде. Расчеты затрат на эти материалы приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 - Расчёт стоимости материалов

Расчёт стоимости материалов				
№ п/п	Наименование материалов	Кол-во единиц, шт	Цена приобретения, руб.	Стоимость, тыс. руб.
1	Бумага для принтера А-4	50	250	12,50
2	Бумага А-3	10	500	5,00
3	Бумага А-1	3	750	2,25
4	Картридж HP LJ 1005	15	750	11,25
5	Тонер-картридж Panasonic KX-FAT92A7	10	1 500	15,00
6	USB флеш-накопитель	10	200	2,00
7	Ручка шариковая автоматическая Pilot	30	20	0,60
8	Карандаш простой	10	9	0,09
9	Папка для бумаг	9	150	1,35
Итого:				48,00

Для работников занимающихся созданием научно-технической продукции была рассчитана заработная плата, результаты расчетов представлены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 - Расчёт затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием научно-технической продукции

Расчёт затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием НТПр					
Наименование должностей, ученая степень	Оклад, руб/мес	Коэф. к заработной плате, %	Кол-во человек	Кол-во месяцев	Общее начисление, руб.
Главный геолог	20000	1,4	1	3	84000
Геолог II Категории	18000	1,4	1	3	75600
Геолог I Категории	15000	1,4	1	3	63000
Техник-геолог	15000	1,4	1	3	63000
Техник-геолог	12000	1,4	1	3	50400
Всего			5	3	336 000

При проведении работ, были привлечены предприятия-субподрядчики, затраты на услуги которых приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Перечень подрядных работ

№ п/п	Наименование предприятия-субподрядчика	Вид анализа	Кол-во проб	Стоимость одной пробы, руб.	Сумма по смете субподрядчика, руб.
1	ООО «Химико-аналитический центр «Плазма», г. Томск	ICP MS	62	3 400	210 800
2	ПНИЛ по комплексному использованию горючих полезных ископаемых Западной Сибири кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики ТПУ, г. Томск	Определение зольности и влажности	79	100	7 900
3	Ядерно-геохимическая лаборатория кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ, г. Томск	Атомно-абсорбционный анализ методом «холодного пара» на Hg	56	300	16 800
4	Лаборатория рентгеноспектральных методов анализа института Геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск	Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА)	20	1500	30 000
5	Западно-Сибирский испытательный центр (ЗСИЦентр), г. Новокузнецк	Потенциометрический количественный анализ на фтор	12	1 800	21 600
Итого					287 100

Сбор материалов для написания отчета будет проходить первоначально в архиве предприятия, занимающего разработкой месторождения, параллельно будут анализироваться и обрабатываться данные, полученные при анализе все отобранных проб, а в частности будет изображен графический материал,

изучение геологических участков, оценка средних содержаний элементов-примесей.

После, для защиты отчета, для сбора недостающей информации, два человека будут отправлены в г. Абакан. Во время командировки сотрудники будут обеспечены жильем и суточным довольствием. Затраты на командировки приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Расчёт расходов на командировки

Расчёт расходов на командировки							
Пункт назначения	Кол-во командировок	Кол-во командируемых сотрудников, чел.	Продолжительность 1 командировки, сут.	Оплата проезда, руб	Суточные, руб.	Квартирные, руб.	Сумма, руб.
г. Новокузнецк	2	2	3	1 500	300,0	1 500	13800
г. Новосибирск	2	2	3	1 300	300,0	1 500	13000
г. Абакан	2	2	3	2 700	300,0	1 500	18600
Итого							45400

Рассчитанная общая сметная стоимость научно-технической продукции представлена таблицей 8.6.

Таблица 8.6 – Расчёт сметной стоимости создания научно-технической продукции

Расчёт сметной стоимости создания НТП		
№ п/п	Статьи расходов	Сметная стоимость, тыс. руб.
1	Затраты на оплату труда	336,0
2	Материальные затраты	48,0
3	Командировочные расходы	45,4
4	Износ (амортизация) основных средств	27,3
5	Услуги сторонних организаций	287,1
6	Расходы на арендную плату	210,0
	Итого основные расходы	953,8

Структура сметной стоимости основных расходов на создания научно-технической продукции представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Структура сметной стоимости основных расходов на создания научно-технической продукции, %

Таким образом, в данной главе было составлено экономическое обоснование стоимости создания научно-технической продукции, включающее в себя расчет затрат времени и труда, а также сметы по всем видам проведенных работ, суммирование которых дало представление об общей стоимости проведенных исследований. В результате расчетов можно сделать вывод о том, что стоимость исследования составила 953 800 рублей, где наибольшая доля принадлежит затратам на оплату труда (336 000 рублей).

9 Социальная ответственность при оценке роли палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях черногорской свиты Минусинского бассейна

Целью настоящей работы является оценка роли палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях черногорской свиты Минусинского бассейна.

Рабочий процесс представляет собой работы камерального типа. Работа по изучению углей и вмещающих их пород Минусинского угольного бассейна заключалась в проработке литературы, обсуждении результатов анализов, составлении демонстрационного материала, написании пояснительной записки.

При выполнении работ аналитические исследования проводились в:

- научно-исследовательской лаборатории по комплексному использованию горючих полезных ископаемых Западной Сибири кафедры химической технологии топлива и химической кибернетики ТПУ;
- ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ;
- лаборатории рентгеноспектральных методов анализа института Геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск);
- Западно-Сибирском испытательном центре (г. Новокузнецк) и в лаборатории ООО «Химико-аналитический центр «Плазма».

Данные лаборатории аккредитованы в системе Госстандарта России.

Рабочий процесс проходил в кабинете самостоятельной работы магистров международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры ГЭГХ, который расположено в 20 корпусе НИ ТПУ. В кабинете предусмотрено 7 индивидуальных рабочих мест. Каждое место представляет собой компьютерный стол с тумбой и полками для книг, оснащенный стационарным компьютером (процессор: Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU 2,60 GHz) с монитором Samsung Sync Master 123N с диагональю 17 дюймов (яркость 77 %, контрастность 50 %, с частотой обновления 60 Hz и разрешением 1920×1080).

Так же кабинет оборудован круглым столом, рассчитанным на 8 человек. Кабинет имеет естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы (окна), искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения. Значения размеров комнаты составляют: длина – 7 м, ширина – 6 м, высота – 3,5 м. Одно рабочее место занимает площадь равную 6 м², а объем на одно рабочее место – 20,0 м³.

Основная работа производится в закрытом помещении (камеральная обработка данных) за компьютером, поэтому в разделе «Социальная ответственность» рассматривается безопасность работы за рабочим местом в компьютерном классе.

9.1 Профессиональная социальная безопасность в компьютерном помещении

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных и лабораторных работ в этом помещении описаны в таблице 9.1 в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 [114].

9.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при

искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении.

Таблица 9.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ по изучению проб Минусинского угольного бассейна

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Сбор, изучение, анализ имеющихся материалов; камеральная обработка, формирование пояснительной записки	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны 2. Отклонение параметров микроклимата в помещении 3. Степень нервно-эмоционального напряжения, монотонный режим работы 4. ЭМП	1. Электрический ток 2. Пожарная опасность	ГОСТ 12.1.019 -79 [116] ГОСТ 12.1.038-82 [117] ПТЭ и ПТБ потребителей [119] ПУЭ [120] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [121] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [122] СанПиН 2.2.4.548-96 [123] 123-ФЗ [126]

Примечание: пожарная безопасность описана как ЧС в п. 9.4

Оценка освещенности производилась в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [121]. В таблице 9.2 приведены нормируемые и фактические показатели искусственного освещения. Нормируемые показатели представлены для кабинетов, рабочих комнат, офисов, представительств в административных зданиях (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципалитеты управления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения). Реальная освещенность на рабочем взята из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Исходя из табличных данных, можно сказать, что освещенность соответствует нормативным данным, следовательно, освещение оказывает

благоприятное влияние на качество рабочего процесса и безопасность учащихся.

Таблица 9.2 – Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [121]

Рабочая поверхность и плоскость нормирования освещенности (Г - горизонтальная) и высота плоскости над полом, м	Освещенность (при общем освещении), лк	
	Г – 0,8	Фактическая
	400	300

2. Отклонение параметров микроклимата в помещении

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

На рабочих местах производственные помещения, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением в залах вычислительной техники должны выполняться оптимальные условия микроклимата [123].

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах [123].

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 9.3, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

По интенсивности общих энергозатрат организма в процессе труда работа с (персональной электро-вычислительной машине) ПК относится к категории работ Ia [123].

Таблица 9.3 – Оптимальные величины и фактические показатели микроклимата в рабочей зоне производственных помещений при работе в компьютерном помещении [123]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Факт.	Оптим.	Факт.	Оптим.	Факт.	Оптим.	Факт.	Оптим.
Холодный	Ia	23	22-24	23	21-25	50	60-40	0,1	0,1
Теплый	Ia	24	23-25	24	22-26	50	60-40	0,1	0,1

Из таблицы видно, что показатели характеризуют микроклиматические условия как оптимальные, которые при их воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают оптимальное тепловое состояние организма. В этих условиях напряжение терморегуляции минимально, общие и (или) локальные дискомфортные теплоощущения отсутствуют, что позволяет сохранять высокую работоспособность.

В помещениях, оборудованных ПК, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПК [122].

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 [115] и СанПиН 2.24.548-96 [123]. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость воздуха в зависимости от способности организма человека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

3. Степень нервно-эмоционального напряжения и монотонный режим работы

Длительная непрерывная работа с ПК вызывает усталость и перенапряжение зрения, внимания, нервно-эмоциональное и умственное напряжение. Все это может отрицательно повлиять на производительность труда, качество труда, «эмоциональное здоровье» человека и окружающее его общество.

Во избежание перечисленных последствий продолжительность непрерывной работы с ПК без перерыва не должна превышать 2 часов.

При работе на ПК необходимо осуществлять комплекс профилактических мероприятий:

- проводить упражнения для глаз через каждые 20-25 минут работы на ПК, а при появлении зрительного дискомфорта, выражающегося в быстром развитии усталости глаз, рези, мелькании точек перед глазами и т.п., упражнения для глаз проводятся индивидуально, самостоятельно и раньше указанного времени;
- для снятия локального утомления должны осуществляться физкультурные минутки целенаправленного назначения индивидуально;
- для снятия общего утомления, улучшения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также мышц плечевого пояса, рук, спины, шеи и ног, следует проводить физкультпаузы [121].

9.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. Электрический ток

Электрические установки, к которым относятся практически все оборудование ПК, представляет для человека большую потенциальную опасность.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока и ПК зависит от: рода и величины напряжения и тока, частоты тока, пути тока через тело человека, продолжительность воздействия электрического тока на организм человека, условий внешней среды.

Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании тока через тело. Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает на него сложное действие – термическое, электролитическое, биологическое, механическое.

Напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 9.4 [117].

Таблица 9.4 - Предельно допустимые значения напряжений и токов [117]

Род тока	Напряжение (U), В	Сила тока (I), мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Примечания:

1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 минут в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения.

2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25С) и влажности (более 75%), должны быть уменьшены в три раза.

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, т.е. соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей [119], правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей [119] (ПТЭ и ПТБ потребителей) и правил устройства электроустановок (ПУЭ) [120].

Аудитория, где проводится камеральная обработка результатов научной деятельности, согласно ПУЭ [120] относится к помещениям без повышенной опасности поражения электрическим током (относительная влажность воздуха – не более 75 %, температура воздуха +25С_о, помещение с небольшим количеством металлических предметов, конструкций).

Основные нормативные акты, устанавливающие требования электробезопасности являются ГОСТ 12.1.019 -79 [116] и ГОСТ 12.1.038-82 [117].

Для предотвращения электротравм следует соблюдать требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности работающих на (ПК):

- все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должно питаться от одной фазы электросети;
- корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
- для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный пункт с автоматами и общим рубильником;
- все соединения ПК и внешнего оборудования должны проводиться при отключенном электропитании.

9.2 Экологическая безопасность

В настоящем разделе будут рассмотрены вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при отработке Минусинского угольного бассейна.

Рельеф местности плоский, равнинный, степной. Большую часть поселения занимают леса и болота, есть множество мелких озёр.

Флору и фауну на территории участка представляют большое количество видов высших и низших растений и разнообразных животных. Растения: ель, кедр, пихта, сосна. Животные: соболь, бурый медведь, бобр, лисица.

Таблица 9.5 - Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при разработке горного производства [128, 129, 130, 131, 132].

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
1	2	3
Земля и земельные ресурсы	Нарушение почвенного покрова	Снятие и складирование плодородного слоя для дальнейшего использования при рекультивации.
	Загрязнение почвы горюче-смазочными материалами.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники. Вывоз и уничтожение загрязненной земли.
	Засорение почвы производственными отходами.	Промасленная ветошь подлежит сжиганию. Вывоз и сдача для вторичной переработки металлолома.
	Образование канав, зумбов, выгребных ям и сети, грунтовых дорог.	Засыпка канав, зумпфов, выгребных ям. Выравнивание дорог и площадок.
Вода и водные ресурсы	Дренаж кислых шахтных вод и загрязнение продуктами выщелачивания, Смыв почв и отходов горнодобывающей деятельности в поверхностные воды. Воздействие плотин хвостохранилищ, отвалов, участков кучного выщелачивания и выщелачивания из отвалов.	Ограничение воздействия окружающей среды на потенциально кислото-образующие (ПКО) материалы посредством планирования этапов развития и строительства рудника, вместе с укрытием и/или изолированием стока для его обработки.
Воздушный бассейн	Пыль, разносимая ветром (твердые взвешенные частицы) в результате земляных и взрывных работ, транспортировки материала, ветровой эрозии (чаще встречается в карьерах), сдуваемая пыль из хвостохранилищ, отвалов руды и пустой породы, а также с подъездных дорог. Эмиссия выхлопных газов из передвижных источников (машин, самосвалов, тяжелого оборудования) повышает уровень содержания пылевидных веществ.	Организация системы упорядоченного движения автотранспорта на территории. Определение содержания в выбрасываемых отработанных газах примесей углерода газоанализатором непрерывного действия. Определение дымности отработываемых газов – дымометр. Систематические профилактические осмотры и ремонты двигателей соответствующими службами.

Продолжение таблицы 9.5

1	2	3
Недра	Не комплексное изучение недр	Оборудование и аналитические работы на сопутствующие компоненты, породы вскрыши и отходы будущего производства. Научные исследования по повышению комплексности изучения недр.
Животный мир	Распугивание и нарушение мест обитания представителей животного мира по средствам производственного шума.	Отрицательное воздействие кратковременное и слабое

Почвенный покров варьирует от серых лесных до подзолистых и дерново-подзолистых почв.

9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров

Возникновение, распространение и развитие лесных пожаров зависят, в основном, от рельефно-ландшафтных, растительных, погодных и других условий. Эти условия необходимо учитывать, чтобы наиболее целесообразно организовать тушение, обеспечить безопасность лесных пожарных и других лиц, принимающих участие в тушении пожаров. Особенно важно знать основные условия и факторы, влияющие на поведение пожара, то есть факторы, обуславливающие процесс горения, его интенсивность (увеличение скорости распространения) и направление [133].

Тушение лесных пожаров включает все виды работ, направленные на их ликвидацию в кратчайшее после их возникновения время. Тушение каждого лесного пожара можно рассматривать как последовательное выполнение операций, соответствующих стадиям его развития [135].



Рис.9 Стадии развития и задачи тушения лесного пожара [135]

Процесс горения можно прервать, исключив какой-либо из трех его элементов: удалить воздух (кислород), горючие материалы или снизить температуру [136].

Таблица 9.6 - Принципиальная схема прекращения горения [136]

Элементы, поддерживающие горение	Направление воздействия на горение (Лесного горючего материала) ЛГМ	Способы	Результаты
1	2	3	5
Кислород воздуха	Ограничение доступа кислорода	Захлестывание, засыпка грунтом	Прекращение горения лесных горючих материалов
Высокая температура	Снижение температуры лесных горючих материалов	Водой и растворами химикатов	Охлаждение, увлажнение лесных горючих материалов и прекращение горения

Продолжение таблицы 9.6

1	2	3	4
Лесные горючие материалы	Изоляция или удаление лесных горючих материалов	Захлестывание, применение химикатов, прокладка противопожарных полос, выжигание лесных горючих материалов	Нейтрализация или уничтожение лесных горючих материалов и прекращение горения

Практически подавить горение можно путем охлаждения или нейтрализации (удаления) горючих материалов. Это достигается несколькими способами и приемами.

Захлестывание огня - сбивание пламени на кромке горения в сторону пожара ветками или другими подручными средствами (мешком, куском материала, прикрепленным к палке, специальными "хлопушками" из прорезиненной ткани и др.). При этом удар ветки или другого орудия тушения должен наноситься под основание пламени и быть скользящим в сторону пожара. Движения рабочего напоминают работу косаря.

Забрасывание огня грунтом применяется на легких песчаных и супесчаных почвах. Грунт набирают на лопату и бросают под основание пламени горячей кромки так, чтобы сбить пламя на возможно большем ее протяжении. На задерненных почвах грунт набирают из приямков, образуемых при снятии дерна. Отдельные очаги горения (валежника, пни) засыпают грунтом полностью.

Тушение огня водой или растворами огнетушащих веществ обеспечивает снижение температуры горения и увлажняет горючие материалы. При этом могут быть использованы любые подручные средства (ведра, какие угодно емкости), а также специальные лесные огнетушители, мотопомпы, автоцистерны и т.п.

Тушение (остановка распространения горения) прокладкой заградительных полос (канав) вручную граблями, лопатами, механизмами,

химическими растворами, пенами, взрывчатыми веществами для изоляции горящей кромки пожара от горючих материалов.

Отжиг - уничтожение горючих материалов перед надвигающимся фронтом лесного пожара путем выжигания лесных горючих материалов от опорной полосы (дорога, ручей, минерализованная полоса, борозда и т.д.) в сторону пожара. Эту операцию могут выполнять только специально подготовленные работники [136].

Методы тушения пожаров

В зависимости от пирологической характеристики участков, охваченных пожаром, и условий, существующих в момент тушения, необходимо правильно выбрать метод и средства тушения. Различают два метода тушения: прямой и упреждающий (косвенный).

Прямой метод применяется в том случае, когда можно непосредственно тушить кромку пожара или создать у кромки заградительную полосу. Основная задача заключается в том, чтобы потушить пожар в начальной стадии его развития, пока он не набрал "силу" и может быть потушен группой из 2-6 человек, включая руководителя. В этом случае исход дела решают опыт и быстрота действий руководителя и его группы.

Метод упреждения (косвенный метод) используется, когда линию остановки огня выбирают на некотором расстоянии от кромки пожара. Этот метод используют, когда необходимо: отвести пожарных от кромки пожара из-за его интенсивности; выбрать лучшее место для создания заградительной или опорной полосы; уменьшить длину полосы и время на ее создание; использовать естественные и искусственные преграды и т.д. Средства тушения соответствуют выбранному методу. Руководство группами (командами), работающими на пожаре, осуществляет руководитель тушения, имеющий опыт таких работ или соответствующие навыки. Необходимо отметить, что у каждого работающего на пожаре должен быть только один руководитель.

Основное внимание следует обращать на безопасность при возникновении нестандартных ситуаций [135].

9.4 Законодательное регулирование при работах профессионально связанных с эксплуатацией персонального компьютера

При разработке данного раздела учитываются необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе за компьютером. Продолжительность рабочего дня составляет 8 часов [125].

В соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. N 302н работы профессионально связанные с эксплуатацией ПК не входят в перечень вредных и (или) опасных производственных факторов и работ [138].

В соответствии с пунктом 13.1 статьи 13 Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118 "О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03». Лица, работающие с ПК более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПК), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке [118].

Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не может превышать 40 часов в неделю [125].

В соответствии с типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере ТОИ Р-45-084-01 продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать двух часов. Продолжительность и частота перерывов зависит от категории работы с компьютером и уровня нагрузки (таблица 9.6) [124].

Согласно статье 92 Трудового кодекса РФ сокращенная продолжительность рабочего времени при проведении работ профессионально связанных с эксплуатацией ПК не предусмотрена [125].

В соответствии со статьей 108 Трудового кодекса РФ в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и

питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается [125].

Таблица 9.7 – Категории работ с компьютером [125]

Категории работы с компьютером	Уровень нагрузки за смену при разных видах работ		
	А	Б	В
	кол-во знаков	кол-во знаков	часы
I	до 20000	до 15000	до 2
II	до 40000	до 30000	до 4
III	до 60000	до 40000	до 6

При 8-часовой рабочей смене и работе на компьютере регламентированные перерывы следует устанавливать [125]:

- для I категории работ – через два часа от начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый;
- для II категории работ – через два часа от начала рабочей смены и через 1,5-2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы;
- для III категории работ – через 1,5-2 часа от начала рабочей смены и через 1,5-2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

Заключение

Тонштейны используются для корреляции угольных пластов как внутри бассейна, так и для межбассейной корреляции. Исследования показывают, что пирокластика может существенно повлиять и на содержание в углях большой группы химических элементов. В данной работе приводятся данные, которые доказывают влияние пеплового материала, образовавшего тонштейны, на химический состав углей черногорской свиты Минусинского бассейна.

Для этого был исследован минеральный состав тонштейнов, представленный преимущественно каолинитом. В зависимости от состава исходной пирокластики и степени изменения исходного материала, в составе тонштейнов помимо каолинита были выявлены кварц, ортоклаз, мусковит, хлорит, фторапатит, гояцит.

Электронно-микроскопические исследования выявили наличие корродированных кристаллов монацита и циркона, что может говорить о перераспределении вещества и выноса его в притонштейнный уголь.

Геохимические исследования тонштейнов показали, что состав исходной пирокластики различен, от кислого до среднего. Угли находящиеся в контакте с тонштейном, обладают определенным набором элементов, свойственным составу исходной пирокластики. Обогащение притонштейнового угля также зависит от подвижности элементов в палеоболотной среде.

Так с тонштейнами Бейского месторождения, образованными из пирокластики кислого состава связаны повышенные содержания РЗЭ, Hf, Ta, Pb, Th, U, среднего – ТРЗЭ, Fe, Cr, Sc, Hf, Ta и Th. С тонштейнами Черногорского месторождения, кислого состава связаны аномалии РЗЭ, Sn, Ta, Pb, Th, U, среднего – ЛРЗЭ, Rb, Cd и Th.

Проведенные исследования показали, что пирокластика послужившая исходным материалом для тонштейнов черногорской свиты Минусинского угольного бассейна, была преимущественно кислого и среднего состава. А также оказала существенное влияние на геохимию вмещающих углей.

Список публикаций

1. Вергунов А.В. Геохимия и минералогия тонштейнов в пласте «Двухаршинный» Черногорского месторождения Минусинского бассейна // геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам X Междунар. Науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых). – Пермь, 2017. – Т.1. – С. 63 – 65.
2. Вергунов А.В. Пирокластический материал как источник накопления редких элементов в углях // Новое в познании процессов рудообразования: материалы VI Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием. – М.: ИГЕМ РАН, 2016. – С. 74 – 76.
3. Вергунов А.В. Роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях Бейского месторождения Минусинского угольного бассейна // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студ. и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. – Томск, 2016. – Т. 1. – С. 120 – 122.
4. Вергунов А.В. Роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях Черногорского месторождения Минусинского угольного бассейна // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студ. и молодых ученых. – Томск, 2017. – Т. 2. – С. 110 – 112.

Список используемых источников

1. Адмакин Л.А. Классификация и номенклатура тонштейнов // Литология и полез. ископаемые. 1995. №6. С. 643-653.
2. Адмакин Л.А. Накопление и постседиментационные преобразования тонштейнов // Литология и полез. ископаемые. 2002. №1. С. 68-76.
3. Адмакин Л.А., Портнов А.Г. Тонштейны Иркутского бассейна // Литология и полез. ископаемые. 1987. №3. С. 88-98.
4. Адмакин Л.А. Типы тонштейнов в угольных пластах Минусинского бассейна // Литология и полезные ископаемые, 1992. -№2 –с. 49-56.
5. Адмакин Л.А. Тонштейны-геохронометры кратковременных древних эруптивных циклов // Докл. АН СССР. 1991. Т. 320 №5. С. 1194-1197.
6. Арбузов С.И., Ершов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск: Издат. дом «Д-Принт», 2007. – 468 с.
7. Арбузов С.И., Ершов В.В., Рихванов Л.П., Кяргин В.В., Булатов А.А., Дубовик Н.Е. Редкометалльный потенциал углей Минусинского бассейна. –Новосибирск: Изд-во СО РАН Филиал «ГЕО», 2003(в). -300 с.
8. Арбузов С.И., Ершов В.В. Роль вулканизма позднего карбона - перми в формировании геохимического облика углей Минусинского бассейна // III Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии «ВУЛКАНИЗМ И ГЕОДИНАМИКА» 5-8 сентября 2006г. Материалы симпозиума. Т.3. - Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, – 2006. – С. 628 – 632.
9. Баранов Ю.Е. Редкие элементы в угленосных формациях // Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Т. III. М.: Наука, 1966. С. 736-754.
10. Боголюбова Л.И., Тимофеев П.П. Фации и аутигенное глинообразование в торфяниках Рионского межгорного прогиба //

Стратиграфия карбона и геология угленосных формация СССР. М.: Недра, 1975. С. 153-163.

11. Вайн Дж.Д. Ураносодержащие угли в США // Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 8-20 августа 1955 г. Т. 6: Геология урана и тория. – Женева, 1955. – 525-531

12. Ван А.В. Вулканогенный пепел в угленосных отложениях верхнего палеозоя Средней Сибири // Литология и полезные ископаемые, 1972. -№1. –С. 40-51.

13. Вассоевич Н.Б., Конюхов А.И., Лопатин Н.В. Общее и особенное в образовании углей, нефти и углеводородных газов // Горючие ископаемые. М.: Наука, 1976. С. 7-19.

14. Вергунов А.В. Геохимия и минералогия тонштейнов в пласте «Двухаршинный» Черногорского месторождения Минусинского бассейна // геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам X Междунар. Науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых). – Пермь, 2017. – Т.1. – С. 63 – 65.

15. Вергунов А.В. Пирокластический материал как источник накопления редких элементов в углях // Новое в познании процессов рудообразования: материалы VI Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием. – М.: ИГЕМ РАН, 2016. – С. 74 – 76.

16. Вергунов А.В. Роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях Бейского месторождения Минусинского угольного бассейна // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студ. и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. – Томск, 2016. – Т. 1. – С. 120 – 122.

17. Вергунов А.В. Роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях Черногорского месторождения Минусинского угольного бассейна // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXI Международного

симпозиума имени академика М.А. Усова студ. и молодых ученых. – Томск, 2017. – Т. 2. – С. 110 – 112.

18. Волкова И.Б. Тонштейны в угольных пластах Минусинского бассейна // Угольные бассейны и условия их формирования (Тез. докладов VI Всесоюзн. геол. угольн. совещ.). – Львов, 1980. –С. 121-122.

19. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист N-46-Абакан. – СПб: ВСЕГЕИ, 2008.

20. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры // Геохимия. – 2003. – № 7. – С. 785–792.

21. Зарицкий П.В. Межугольные каолиновые прослои («тонштейны») Донбасса // Зап. ВМО. 1970. Ч. 99. Вып. 5. С. 619-625.

22. Зарицкий П.В. Так называемые тонштейны в угольных пластах Донбасса и их генезис // Докл. АН СССР. 1967. Т. 177. №2. С. 666-669.

23. Зильберминц В.А., Русанова А.К., Кострикин В.М. К вопросу о распространении германия в ископаемых углях // Академику Вернадскому к пятидесятилетию научной педагогической деятельности. –М: Изд-во АН СССР, 1936(б). – С 169-189.

24. Карманова Н.Г., Карманов Н.С. Универсальная методика рентгенофлуоресцентного силикатного анализа горных пород на спектрометре FRL-9900XP. // VII всероссийская конференция по рентгеноспектральному анализу. г. Новосибирск, 19–23 сен-тября 2011 г. Тезисы докладов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН.– 2011.

25. Карпова Н.В. Глинистые минералы и их эволюция в терригенных отложениях. М.: Наука, 1972. 173 с.

26. Крюкова В.Н., Комарова Т.Н., Латышев В.П., Попова Н.А. Угли Иркутского бассейна: состав и свойства, - Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1988. - 256 с.

27. Металлогения и геохимия угленосных и сланценосных толщ СССР. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения. / В.Р. Клер, В.Ф. Ненахова, Ф.Я. Сапрыкин и др. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
28. Неручев С.Г., Вассоевич Н.Б., Лопатин Н.В. О шкале катагенеза в связи с нефтегазообразованием // Горючие ископаемые. М.: Наука, 1976. С. 47-62.
29. Парпарова Г.М., Жукова А.В. Углепетрографические методы изучения осадочных пород и полезных ископаемых. Л.: Недра, 1990. 308 с.
30. Петровская А.Н. К минералогии высокоогнеупорных каолинитов из некоторых угленосных отложений//Тр. ВИМС. Нов. сер.- 1949. - №2. – С. 73-78.
31. Сапрыкин Ф.Я., Богданов В.В., Кулачкова А.Ф., Н.И. Луи и др. Некоторые вопросы генезиса редкометалльного оруденения углей // Материалы по геологии и петрографии углей СССР. – Л.: Недра, 1968. – С. 258 – 263.
32. Сапрыкин Ф.Я., Кулачкова А.Ф. Роль природных органических веществ в процессах миграции и концентрации микроэлементов. // Тр. ВСЕГЕИ, 1975. – Вып. 241. – С. 77-89.
33. Середин В.В. Au-PGE – минерализация на территории Павловского бурогоугольного месторождения, Приморье // Геология рудных месторождений, 2004. – Т.46. - №1. – С. 43-73.
34. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. I. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 212 с.
35. Тараканов А.С. Геодинамическая классификация угленосных бассейнов. // Литогеодинимика и минералогия осадочных бассейнов / под ред. А.Д. Щеглова. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998. – С. 161-186.
36. Угольная база России. Том III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Южная часть). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. – 484 с.
37. Чекарин С.С. Кристаллогенез глинистых минералов. М.: Наука, 1984. 96 с.

38. Черновьянц М.Г. Тонштейны и их использование при изучении угленосных формаций. – М.: Недра, 1992. – 144 с.
39. Юдович Я.Э. Геохимия ископаемых углей. – Л.: Наука, 1978. – 262 с.
40. Юдович Я.Э. Грамм дороже тонны: Редкие элементы в углях. – М.: недра, 1989. – 160 с.
41. Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В. Элементы-примеси в ископаемых углях. – Л.: Наука, 1985. – 239 с.
42. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 422 с.
43. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. – СПб: Наука, 2000. – 479 с.
44. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 538 с.
45. Юдович Я.Э., Корячева А.А., Обручников А.С., Степанов Ю.В. Средние содержания элементов-примесей в ископаемых углях // Геохимия, 1972. - №8. – с. 1023-1031.
46. Arbuzov S.I. et al. / Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2016. V. 327. 8. 74–88.
47. Bachmann, O., Bergantz, G.W., 2004. On the origin of crystal-poor rhyolites: extracted from batholithic crystal mushes. Journal of Petrology 45, 1565–1582.
48. Bischof, G., 1863–1866. Lehrbuch der Chemischen und Physikalischen Geologie, Bonn.
49. Bohor, B.F., Triplehorn, D.M., 1993. Tonstein: altered volcanic ash layers in coal-bearing sequences. Geological Society of America Special Paper 285, 40.
50. Bouroz A. Beitrag zum der Tonsteine cineritischen Ursprungs//Z. Disch. Geol. Ges.- 1965.- 117, N I.-S. 183-190.

51. Bouroz, A., 1967. Correlations des tonsteins d'origine volcanique entre les bassins houillers de Sarre-Lorraine et du Nord-Pas-de-Calais. *Comptes Rendus Ser. D., Academie des Sciences, Paris* 264, 2729–2732.
52. Bouroz, A., Spears, D.A., Arbey, F., 1983. Essai de synthese des donnees acquises sur la genese et l'evolution des marqueurs petrographiques dans les bassins houillers. *Memoire XVI, Societe Geologique du Nord*. 114 pp.
53. Bouroz A. Sur la pluralite d'origine des tonsteins//*Ann. Soc. Geol. Du Nord*. -1962.-82.-S. 77-94.
54. Bouroz A. Utilisation des marqueurs d'origine volcanique en stratigraphie. Exemples d'application dans les gisements houillers // *Mem. Bur. Rech. Geol. Et miniers*. – 1972. – 71/1. – S. 473-492.
55. Burger K., Billing. M. Vulkanogene Glasscherben-Relikte in Kohlentonsteinen 3 des Saar-Lothringer Oberkarbons//*Z. Dtsch. Geol. Ges.* -1987. – 138. – S. 103-119.
56. Burger, K., Damberger, H.H., 1979. Tonsteins in the coalfields of Western Europe and North America. *C.R. 9th International Carboniferous Congress, Illinois*, 4, pp. 443–448.
57. Burger K., F-J. Eckhart, and G. Stadler, 1962. Zur Nomenklatur und Verbreitung der Kaolin-Kohlentone im Ruhrkarbon//*Fortschritte Geol. Rheinland und Westfalen*, 3, 525-540.
58. Burger K. Kohlentonsteine als Zeitmarken, ihre Verbreitung und ihre Bedeutung fur die Exploration und Exploitation von Kohlenlagerstatten // *Z. Disch. Geol. Ges.* – 1982. – 133, 2.-S. 201-250.
59. Burger K. Kohlentonsteine in Kohlenrevieren der Erde // *XX JCC Congr. Int. strat. Geol. Die Carbonifere. Madrid*, 12 – 17 Sept., 1983 *Compt. Rend.* 1985. V. 1. P. 155-174.
60. Burger, K., Zhou, Y., Tang, D., 1990. Synsedimentary volcanic-ash-derived illite tonsteins in Late Permian coal-bearing formations of southwestern China. *International Journal of Coal Geology* 15, 341–356.

61. Burger, K., Zhou, Y., Ren, Y., 2002. Petrography and geochemistry of tonsteins from the 4th Member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in southern Sichuan Province, China. *International Journal of Coal Geology* 49, 1–17.
62. Burger K. Vorkommen und stratigrafische Verteilung der Kaolin-Kohlentonsteine in den Kohlenrevieren der Erde // Угленосные формации (Тр. 8-й Междунар. Конф. По стратиграфии и геологии карбона). М.: Наука, 1979. Т. 5. С. 21-31.
63. Creech, M., 2002. Tuffaceous deposition in the Newcastle Coal Measures: challenging existing concepts of peat formation in the Sydney Basin, New SouthWales, Australia. *International Journal of Coal Geology* 51, 185–214.
64. Dai, S., Zhou, Y., Zhang, M., Wang, X., Wang, J., Song, X., Jiang, Y., Luo, Y., Song, Z., Yang, Z., Ren, D., 2010. A new type of Nb (Ta)–Zr(Hf)–REE–Ga polymetallic deposit in the late Permian coal-bearing strata, eastern Yunnan, southwestern China: possible economic significance and genetic implications. *International Journal of Coal Geology* 83, 55–63.
65. Dai, S., Wang, X., Zhou, Y., Hower, J.C., Li, D., Chen, W., Zhu, X., 2011. Chemical and mineralogical compositions of silicic, mafic, and alkali tonsteins in the late Permian coals from the Songzao Coalfield, Chongqing, Southwest China. *Chemical Geology* 282, 29–44.
66. Diessel, C.F.K., 1985. Tuffs and tonsteins in the Coal Measures of New South Wales, Australia. 10th Congres International de Stratigraphie et de Geologie du Carbonifere, Madrid, 4, pp. 197–210.
67. Dopita M., Kralik J. Zur Frage der Tonsteine im Oberschlesischer Steinkohlenbecken // 6. Intem. Congr. Stra. Geol. Carbonifere. 1967. V. 2. P. 647-661.
68. Dopita M., Kralik J., 1977, Coal tonsteins in Ostrava-Karvina coal basin (Uhelne tonsteiny Ostravsko-Karvinskeho reviru): Ostrava, Czechoslovakia, 213 p.
69. Fisher, R.V., Schmincke, H.U., 1984. *Pyroclastic Rocks*. Springer Verlag. 472 pp.

70. Finkelman R.B. Trace and minor elements in coal // Organic geochemistry. Chapter 28 / Eds. M.H. Engel, S.A. Masco. – N.Y., 1993. – P. 593-607.
71. Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Santos, J.O.S., Hartmann, L.A., Ketzer, J.M., Formoso, M.L.L., 2008. Radiometric age determination of tonsteins and stratigraphic constraints for the Lower Permian coal succession in southern Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Coal Geology* 74, 13–27.
72. Hochne K. Zur Ausbildung und Genese der Kohlentonsteine im Ruhrkarbon // *Chem. Erde*. 1954. Bd. 17. S. 6 – 28.
73. Huff, W.D., Anderson, T.B., Odin, G.S., Rundle, C.C., 1991. Chemostratigraphy, K–Ar ages and illitization of Silurian K-bentonites from the Central Belt of the Southern Uplands-Down-Longford Terrane, British Isles. *Journal of the Geological Society of London* 148, 861–868.
74. Huff, W.D., Bergstrom, S.M., Kolata, D.R., Sun, H., 1998. The lower Silurian Osmundsberg K-bentonite. Part II: mineralogy, geochemistry, chemostratigraphy, and tectonomagmatic significance. *Geological Magazine* 135, 15–26.
75. Huff, W.D., Morgan, D.J., 1990. Stratigraphy, mineralogy and tectonic setting of Silurian K-bentonites in Southern England and Wales. In: Farmer, V.C., Tardy, Y. (Eds.), *Proceedings, 9th International Clay Conference, Strasbourg 1989: Sci. Geol. Mem.*, 88, pp. 33–42.
76. Inanli, F.O., Huff, W.D., Bergstrom, S.M., 2009. The lower Silurian (Llandovery) Osmundsberg K-bentonite in Baltoscandia and the British Isles: chemical fingerprinting and regional correlation. *GFF* 131 (3), 1–11 Stockholm.
77. Kimpe, W.F.M., 1966. Occurrence, development and distribution of Upper Carboniferous tonsteins in the paralic West German and Dutch coalfields, and their use as stratigraphical marker horizons. *Mededelingen van de Geologische Stichting, Nieuwe Serie* 18, 3–10.
78. Leat, P.T., Jackson, S.E., Thorpe, R.S., Stillman, C.J., 1986. Geochemistry of bimodal basalt-sub-alkaline/peralkaline provinces within the

Southern British Caledonides. *Journal of the Geological Society, London* 141, 259–273.

79. Loughnan, F.C., 1978. Flint clays, tonsteins and the kaolinite clayrock facies. *Clay Minerals* 13, 387–400.

80. Lyons, P.C., Spears, D.A., Outerbridge, W.F., Congdon, R.D., Evans, H.T., 1994. Euramerican tonsteins: overview, magmatic origin and depositional-tectonic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 106, 113–134.

81. Lyons, P.C., Krogh, T.E., Kwok, Y.Y., Davis, D.W., Outerbridge, W.F., Evans Jr., H.T., 2006. Radiometric ages of the Fire Clay tonstein [Pennsylvanian (Upper Carboniferous), Westphalian, Duckmantian]: a comparison of U–Pb zircon single-crystal ages and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sanidine single-crystal plateau ages. *International Journal of Coal Geology* 67, 259–266.

82. Mackowsky, M.T., 1947. Mineralogie und Petrographie als Hilfsmittelfür die rohstoffliche Kohlenforschung. *Bergbau-Arch* 5–6, 105–117.

83. Masek J. Producte des obercarbonischen Vulcanismus im Mittelbohmischen Kohlenbecken and des Entstehungsproblem der sog. Tonsteine // *Neues Jahrb. Geol und Palaontol. Mondtsh.* 1966. №7. S. 369-381.

84. Moore, L.R., 1964. The microbiology, mineralogy and genesis of a tonstein. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* 34, 235–292.

85. Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*, 3rd edition. Harper and Row. 628 pp.

86. Price N. B., Duff Mc. L. D. Mineralogy and chemistry of tonsteins from carboniferous sequences im Great Britain//*Sedimentology.* -1969.-13, 1-2.-P. 45-69

87. Richardson, G., Francis, E.H., 1971. Fragmental clayrock (FCR) in coal-bearing sequences in Scotland and the North of England. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* 38, 229–259.

88. Ruffell, A.H., Hesselbo, S.P., Wach, G.D., Simpson, M.I., Wray, D.S., 2002. Fuller's earth (bentonite) in the Lower Cretaceous (Upper Aptian) of Shanklin,

Isle of Wight, southern England. Proceedings of the Geologists Association 113, 281–290.

89. Schuller A., Hoehne K. Petrographie, Chemismus und Fazies der Tonsteine des Saargebietes // Geologie. 1956. № 5. S. 695-755.

90. Schuller A. Zur Nomenklatur und Genese der Tonsteine // Jahrb. Mineral. 1951. № 5. S. 7-109.

91. Seredin, V. V., Finkelman, R. B. (2008). Metalliferous coals: A review of the main genetic and geochemical types. International Journal of Coal Geology, 76(4), 253–289.

92. Spears, D.A., 1970. A kaolinitemudstone (tonstein) in the British Coal Measures. Journal of Sedimentary Petrology 40, 386–394.

93. Spears, D.A., Duff, P.McL.D., 1985. Report on cinerites and tonstein symposium. C.R. 10th International Carboniferous Congress, Madrid, 4, pp. 171–173.

94. Spears, D.A., Kanaris-Sotiriou, R., 1975. Titanium in some Carboniferous sediments from Great Britain. Geochimica et Cosmochimica Acta 40, 345–351.

95. Spears, D.A., Kanaris-Sotiriou, R., 1979. A geochemical and mineralogical investigation of some British and other European tonsteins. Sedimentology 26, 407–425.

96. Spears, D.A., Lyons, P.C., 1995. An update on British tonsteins. In: Whately, M.K.G.,

97. Spears, D.A., Rice, C.M., 1973. An Upper Carboniferous tonstein of volcanic origin. Sedimentology 20, 281–294.

98. Spears, D.A., Kanaris-Sotiriou, R., Riley, N., Krause, P., 1999. Namurian bentonites in the Pennine Basin, U.K.—origin and magmatic affinities. Sedimentology 46, 385–401.

99. Stach, E., 1950. Vulkanische Aschenregen über dem Steinkohlenmoor. Gluckauf 86, 41–50.

100. Stadler, G. Die Kaolin-Kohlentonsteine aus dem Westfal C und B der Untertagebohrung 150 der Steinkohlenbergwerke Ibbenburen und ihre Bedeutung für Karbonstratigraphie Nordwestdeutschlands//Fortschr. Geol. Rheinld. U. Westf. – 1971.-18.-S. 79-100

101. Stoffler D., Neuere Erkenntnisse in der Tonsteinfrage aus Grund sedimentpetrographischer und geochemischer Untersuchungen in Floz Wahlschied der Grube Ensdorf (Saar)//Beitr. Mineral. U. Petrogr. – 1963.-9.-S. 285-312

102. Strauss, P.G., 1971. Kaolin-rich rocks in the East Midlands Coalfields of England. Proceedings 6th International Congress on Carboniferous Stratigraphy and Geology 4, 1519–1533.

103. Swanson V.E., Medlin J.H., Hatch J.R., Coleman S.L. et al. Collection, chemical analysis, and evaluation of coal samples in 1975 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rep., 1976. - №76-468. – 503 p.

104. Teichmüller, M., Meyer, R., Werner, H., 1952. Der erste Tonsteinfund im Aachener-Revier und die Frage nach der Entsehung der Graupen und Kristalltonsteine. Geologisches Jahrbuch 66, 723–736.

105. Termier, P., 1888. Note sur trois roches éruptive interstratifiées dans le terrain houiller du Gard. Bulletin Société Géologique France 16, 617 (3e ser.).

106. Termier, P., 1923. Contributions à la connaissance des tonsteins du houille de la Sarre. Bulletin Société Géologique France 233, 45–50 (4e ser.).

107. Timofeev, P.P., Admakin, L.A., 2002. Overview of studies and the modern knowledge of Tonsteins (on the occasion of the 150th anniversary since the beginning of their investigations). Lithology and Mineral Resources 37, 228–238.

108. Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements // Chemical Geology. – 1977. – Vol. 20. – P. 325–343.

109. Wolf M., 1971 Vorkommen und Ausbildung des Kaolin-Kohlentonsteins, in den Kari-Flozen Westfal A//C r 6 Congr. Strat. Geol. Carboniv. – 1971. IV. – S. 1593-1604.

110. Zhao, L., Ward, C.R., French, D., Graham, I.T., 2011. Mineralogy of the volcanic-influenced Great Northern coal seam in the Sydney Basin, Australia. *International Journal of Coal Geology*. doi:10.1016/j.coal.2011.09.010.

111. Zhou, Y., Ren, Y., Bohor, B.F., 1982. Origin and distribution of tonsteins in late Permian coal seams of southwestern China. *International Journal of Coal Geology* 2, 49–77.

112. Zhou, Y., Ren, Y., Tang, D., Bohor, B., 1994. Characteristics of zircons from volcanic ash derived tonsteins in Late Permian coal fields of eastern Yunnan, China. *International Journal of Coal Geology* 25, 243–264.

113. Zhou, Y., Bohor, B.F., Ren, Y., 2000. Trace element geochemistry of altered volcanic ash layers (tonsteins) in Late Permian coal-bearing formations of eastern Yunnan and western Guizhou Province, China. *International Journal of Coal Geology* 44, 305–324.

Нормативная литература

114. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

115. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

116. ГОСТ 12.1.019 -79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

117. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

118. Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03»

119. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Атомиздат, 1912.

120. Правила устройства электроустановок. 7-е изд., разд. 1, 6, 7. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

121. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

122. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

123. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

124. ТОИ Р-45-084-01 «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере». - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

125. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 07.01.2002. - N 1 (Ч. 1). - Ст. 3.

126. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

127. ICCSR 26000:2011 «Социальная ответственность организации».

128. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы, Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

129. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

130. ГОСТ 17.2.2.01-84 Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений.

131. ГОСТ 17.0.0.04-90 Охрана природы. Экологический паспорт промышленного предприятия. Основные положения.

132. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.

133. Борьба с крупными лесными пожарами/ Э.Н. Валендик.- Новосибирск, 1990.-192 с.

134. Защита населенных пунктов от чрезвычайных ситуаций, связанных с природными пожарами/ А.В.Волокитина Красноярск, 2002 –55 с.

135. Обнаружение и тушение пожаров : учебное пособие/ О. М. Курбатский ; Моск. лесотехн. ин-т, 85,[1] с. ил. 20 см, М. МЛТИ 1988.

136. Пожарная тактика/ Повзик Я. С. - М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2000. - 416 с.

137. Противопожарная охрана леса / С. Анцышкин. - В.: Гослесбумиздат, 1952. - 189 с.

138. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 05.12.2014)

Приложение А

Раздел (5) Pyroclastic substance in coals

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ5А	Вергунов Алексей Викторович		

Консультант – лингвист кафедры ИЯПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матвеев И.А.	д.ф.н.		

1. Introduction

Sedimentary sequences containing coal have probably been studied in greater detail than any other sediments. As a consequence unusual rocks are known, some of which have practical importance. The rocks described in the present paper belong to this category and have a common characteristic in that they are kaolinite rich.

Tonsteins are thin, widespread clay-altered layers of volcanic ash, dominated by kaolinite, that are most commonly found in coals and associated sediments. Seatearths, a British mining term, typically occur below coal seams, but may also occur elsewhere in the finer grained sediments of coal-bearing sequences. The presence of rootlets is an important attribute of seatearths. Kaolinite is important within the clay assemblage, but significant amounts of other clay minerals are generally also present, except in the fireclays where kaolinite is dominant. Fragmental clayrock is the name given to thin layers of fine-grained mudrock with a brecciated appearance. Kaolinite is also a dominant component of these materials. Fragmental clayrocks have been interpreted as the deposits of lakes in the coal-forming swamp environment by Richardson and Francis (1971), who also discussed possible relationships with seatearths and tonsteins [86].

The rock types under consideration all therefore contain kaolinite, and the purpose of this paper is to review all these different kaolinitic rocks that in many senses are characteristic of coal measures to determine possible origins and interrelationships. Loughnan (1978) provided a similar review in a paper entitled “Flint clays, tonsteins and the kaolinite clayrock facies”; however, he concluded that the bulk of the material did not form in situ, but rather that the evidence was more consistent with essentially an allochthonous origin. This would not necessarily be the current view, as will be seen below [78].

2 Tonsteins

2.1 Recognition in the field

Tonsteins are distinctive kaolinite-rich rocks that are found as thin beds in many coals and in some associated mudrocks from coalfields world-wide. The contacts with the enclosing sediment are nearly always sharp and, in general, the color is paler than the enclosing sediments because of a lower organic content. Tonsteins differ from normal mudrocks in the sequence in that the fracture planes are conchoidal and flint-like, hence the name tonstein (claystone), a term originally applied by Bischof (1863–1866) [47]. In addition to the distinctive appearance, tonsteins proved to be laterally continuous, and consequently they were used extensively in the development of coalfield stratigraphy in mainland Europe in the late 19th and early 20th centuries. Summaries of this work are to be found in Kimpe (1966), Loughnan (1978), Moore (1964) and Timofeev and Admakin (2002) [76, 78, 83, 107]. Kimpe (1966) noted that correlation of beds within these coalfields and correct identification of coal seams would have been almost impossible without using the associated tonsteins [76].

It is now appreciated that tonsteins are altered volcanic ash falls, but this was not always apparent (Spears and Duff, 1985) [92]. The distinctive appearance, sharp contacts and lateral continuity are suggestive of a volcanic origin, but other origins could not be excluded. The numerous suggested origins were reviewed by Spears (1970) [91].

Coalfields in Western Europe are now mature and there is little active exploration, or indeed mining in some areas, but elsewhere tonsteins have continued to be of value in coalfield exploration, for example in China (Burger et al., 2002; Dai et al., 2011; Zhou et al., 1982, 1994, 2000) and Australia (Creech, 2002; Zhao et al., 2011) [60, 64, 110, 111, 112]. In dealing with the Chinese tonsteins, Zhou et al. (2000) note that care has to be taken because the tonstein horizons can thin or disappear over a distance of a few meters, even though they are otherwise persistent

over an area of 1000 km² [112]. In the Australian work cited above, Creech (2002) also makes the interesting point that the survival of an ash fall in the coal swamp environment, and indeed the uniform distribution of tonsteins and coal plies, implies that the peat surface was predominantly below the water table, thus challenging many existing concepts of peat formation [62]. Tonsteins provide isochronous surfaces and consequently their value in stratigraphy goes beyond correct coal seam identification to facies analysis and potential use in sequence stratigraphy. These aspects have not been covered in the UK and consequently the emphasis in this text is on origin rather than stratigraphic/sedimentological uses.

2.2 Textures, structures, and classification

Many tonsteins appear homogeneous, but others show internal lamination and graded bedding, especially in thin section. Some tonsteins appear flint-like in hand specimen, and in thin section the kaolinite shows aggregate polarization colors over large areas demonstrating a common orientation of the crystals. Other tonsteins are more granular and superficially look like sandstones, but the grain hardness associated with quartz and/or silicic rock fragments is lacking. Tonsteins exhibit a variety of textures and these have been used for classification purposes, notably by Schuller (1952) and Schuller and Hoehne (1957) [89, 88]. The revised classification of Schuller and Hoehne (1957) is essentially descriptive, and the terms *graupen-tonstein*, *kristall-tonstein*, and *dichte-tonstein* are frequently encountered in the more recent tonstein literature. The terms are based on the forms of kaolinite, with aggregates in the first, crystals in the second and very fine grained material in the third. For completeness the term “*pseudomorphosen tonstein*” should also be included, representing sediment in which the original silicate minerals, such as feldspars and micas, are replaced by kaolinite. The petrography is important in the identification of specific tonsteins for stratigraphic use.

2.3 Establishing the volcanic origin

A major step forward in tonstein understanding was provided by Bouroz (1967) [50]. Unequivocal evidence of an ash fall origin was provided by the evidence of volcanic textures and volcanogenic minerals, including quartz, sanidine, micas, zircon and apatite. One reason why Bouroz (1967) was able to make such a convincing case for a volcanic origin was that his study included material from the limnic coalfields in southern France in addition to samples from the paralic coal sequences in the north of the country. Alteration was in general less severe in the ash falls in the limnic environment, resulting in better preservation of textures and less extensive development of kaolinite. Because kaolinite was not in general the dominant clay mineral, Bouroz (1967) abandoned the term tonstein as too restrictive and instead proposed the term “cinerite”. However, this has not been universally adopted. By the 1980s, there was a consensus among tonstein workers that the ash fall origin was correct, thus providing vindication of Bouroz's views (Spears and Duff, 1985) [92]. It is worth noting that an ash fall origin for certain petrographic markers in the Cevennes Basin, one of the coal basins in the south of France, had been proposed much earlier by Termier (1888), as noted by Bouroz (1967) [104, 50].

In work based on the Sarre Coalfield, Termier (1923) recognized the in situ development of kaolinite from textural evidence under the microscope, and suggested that erosion of granitic rocks at margin of the basin was the source of the degraded feldspathic and micaceous sediment from which the kaolinite developed [105]. A similar origin in some respects was proposed by Teichmuller et al. (1952), but in that case erosion of kaolinitic seatearths was thought to be responsible [103]. Other origins were proposed, reviewed by Spears (1970), and it is noteworthy that among the distinguished authors contributing to the debate on origin were Mackowsky (1947) and Stach (1950), both of whom supported a volcanic ash origin [91, 81, 98].

2.4 Volcanogenic minerals

Volcanogenic minerals, including quartz, sanidine, micas, zircon and apatite, were recorded by Bouroz (1967) and other authors [50]. The quartz has an angular habit and splinters are common. Such splinters are far from common in normal mudrocks. Occasionally, the beta-quartz form is seen, diagnostic of a volcanic origin (Bohor and Triplehorn, 1993) [48]. Normal sediment may be included within the tonstein and the quartz of detrital origin can be distinguished by cathodoluminescence and grain habit (Lyons et al., 1994) [79]. An indication of original magma composition may be obtained from the volcanogenic minerals. Thus, Zhao et al. (2011) show that sanidine may contain variable amounts of Na, indicating an acid to intermediate volcanic ash [109]. Glass inclusions have been noted in the volcanogenic quartz crystals, and these are probably representative of the original magma composition. Analysis of glass inclusions provides a direct method of determining the original ash composition. Such analyses were obtained by Lyons et al. (1994) with an electron microprobe [79].

Many of the zircon crystals from the tonstein are euhedral, but there are others which show some rounding. This may be due to transport in the ash cloud, but alternatively it could reflect of magmatic history rather than evidence of transportation. This certainly applies to the occasional, enigmatic zircon crystal which is larger and better rounded than the other zircons. These larger, well rounded zircons are probably xenocrysts, representing partially resorbed older zircons in the magma. Such an interpretation is confirmed by recent age dating work on Brazilian tonsteins (Guerra-Sommer et al., 2008), where the rounded grains are shown to be significantly older than the normal zircon population [70].

Volcanic ash falls decrease in thickness away from the eruptive center and therefore lateral variations in tonstein thickness may be of interpretative value, although compaction and clay alteration are confusing factors. In the UK, one persistent tonstein does not show any lateral trend in thickness, probably because of a distal position with respect to the eruption, whereas on the European mainland what

is believed to be the same horizon is thicker (Spears and Kanaris-Sotiriou, 1979) [94]. Thickness variations in tonsteins on the European mainland have been noted by Bouroz (1967), and a source in the east or south-east was suggested [50]. With distance from the eruption the ash is also finer and there is a variation in the proportions of the component particles. Mineral fragments are generally most abundant between 2 mm and 1/16 mm, and are practically absent below 10 μm , whereas glass shards can be much smaller (Fisher and Schmincke, 1984) [68]. There is also mineral fractionation in air-fall ashes and in tonsteins and bentonites. A noteworthy result of this aeolian fractionation is the enrichment of biotite at the base of some units (Diessel, 1985; Huff and Morgan, 1990) [65, 74].

Radiometric ages determined on volcanogenic minerals from tonsteins, as in the work of Guerra-Sommer et al. (2008), are extremely useful, especially in sedimentary sequences lacking other volcanic rocks [70]. The ages lead to improved calibration of the stratigraphic timescale and the possibility of world-wide correlations. Tonsteins originally came to prominence within individual coalfields for coal seam identification, but now the stratigraphic usefulness has been greatly extended. Lyons et al. (2006) provide another example of age dating based on zircons and sanidines from tonsteins [80]. The age determined for the Fireclay tonstein in the Middle Pennsylvanian (Westphalian) of the central Appalachian Basin, USA, was 314.6 ± 0.9 Ma, which has implications for the Duckmantian Stage boundary and sedimentation rates within that Stage. It is noteworthy that modern analytical techniques can achieve such precision based on relatively few grains or even single grains.

2.5 Geochemistry

A major element analysis of a typical UK tonstein is shown in Table 1. Silica and Al_2O_3 dominate, as would be expected from a kaolinite-rich rock. The low concentrations of other elements and free silica (quartz) are remarkable and signify a near monomineralic composition. The composition of an ideal kaolinite is shown in

Table 1, and this is very similar to the tonstein analysis. Also shown in Table 1 is the analysis of a normal black shale in the sequence. The clay mineralogy of the shale consists of an illite–kaolinite–chlorite assemblage, and this is reflected in the increased concentrations of many elements. The free silica is also significantly higher in the shale than in the tonstein.

Table 1 – Major element analyses of typical tonsteins, kaolinite and a normal detrital black shale.

	Tonstein^a	Kaolinite^b	Black shale^a	Glass inclusion^c	Jersey yellowstone^d
Combined SiO ₂	45,28	46,55	42,77		
Free SiO ₂	0,90		13,10		
Total SiO ₂	46,18		55,87	77	40,42
TiO ₂	0,16		0,95	0,07	6,31
Al ₂ O ₃	38,96	39,5	25,72	13,2	33,64
Total Fe ₂ O ₃	0,47		2,07	0,97	0,64
MgO	0,10		1,05	0,03	0,17
CaO	0,21		0,32	0,4	0,72
Na ₂ O	0,27		0,61	3,7	0,06
K ₂ O	0,10		2,46	4,6	0,28
H ₂ O ⁻	0,87		0,92		
H ₂ O ⁺	12,14	13,96	6,84		
P ₂ O ₅	0,06		0,09	0,06	0,63
CO ₂	0,06				
Organic matter	0,94		2,93		
Ignition loss					17,5
Total	100,52	100	99,83	100	100,46

^a Tonstein analysis from Spears (1966).

^b Composition of ideal kaolinite.

^c Composition of glass inclusions in quartz from the same tonstein. Analyses from Lyons et al. (1994).

^d Analysis of Jersey Yellowstone, Bowhill Mine, Fife Coalfield, Scotland.

Analyses of glass inclusions in quartz from the same tonstein (analyses in Lyons et al., 1994) are shown in Table 1 [79]. This not only demonstrates a rhyolitic composition, which is a significant finding, but also shows the loss of elements, particularly SiO₂, Na₂O, and K₂O, which occurred in the transformation of the ash to a tonstein. The loss of elements increases the concentration of Al by a factor of 2.95.

The behavior of TiO_2 should be similar to that of Al_2O_3 , and concentrations of both are higher in the tonstein compared to the magma composition. Even when concentrated, however, the $\text{TiO}_2\%$ is low compared with normal mudrocks in the sequence (black shale analysis, Table 1). Not only is TiO_2 immobile in the alteration process, it is also diagnostic of the original ash composition. This is demonstrated by an analysis of a tonstein from the Fife coalfield, the Jersey Yellowstone (Table 1), which has an exceptionally high TiO_2 percentage, reflecting derivation from an ash of a very different composition and comparable to the alkali basalts in that coalfield.

In the UK coalfields, some tonsteins were recognized because of higher levels of radioactivity in gamma-ray logs. Because potassium also contributes to gamma-ray emissions, the peaks could theoretically have been due to an illite-rich shale. However, this was not the case because the mudrock was a tonstein. The radioactivity was due to higher concentrations of U and Th inherited from an acidic volcanic ash (Spears, 1970) [91]. In addition to U and Th, other elements were quantitatively retained in the ash alteration process (Spears and Rice, 1973), including Nb, Y, Ti and Zr, which are generally considered to be immobile in the alteration process [96]. In southwestern China, tonsteins have been noted with higher levels of radioactivity in gamma-ray logs also attributable to high concentrations of U and Th (Dai et al., 2010, 2011) [63, 64]. These tonsteins, referred to as alkali tonsteins, also have high concentrations of Nb, Ta, Zr, Hf, REE (rare earth elements) and Ga (Zhou et al., 2000; Dai et al., 2011) [112, 64]. Linked to the tonstein studies, Dai et al. (2010) found a new rare metal deposit comprised of several Nb-Zr-REE-Ga bearing tuffaceous horizons with thicknesses up to 10 m in Yunnan province [63]. In the work of Spears and Rice (1973), elements including Pb, Cu, Bi, and Co also appeared to be quantitatively retained, which was attributed to low Eh values and the presence of reduced sulfur species resulting in sulfide precipitation [96].

The tonsteins with high radioactivity were found to have TiO_2 concentrations much lower than normal mudrocks. However, not all tonsteins were detected from the gamma ray logs, and in these tonsteins TiO_2 concentrations were higher than in the normal mudrocks (Spears and Kanaris-Sotiriou, 1975) [93]. Using additional

immobile elements (Cr, Ni and Zr) as well as Ti, acid, intermediate and basic volcanics and sediments were categorized by means of discriminant function analysis. The tonsteins were then classified into one of the four groups. In order to express values on a comparable basis concentration values were normalized using Al (Spears and Kanaris-Sotiriou, 1979) [94]. Normalization of the raw data is an important step to overcome the effects that the alteration process has on the concentrations of the immobile elements, which, as noted for Al, increases concentrations by a factor close to 3. It was concluded from the statistical analysis that there were two distinct volcanic ash types giving rise to UK tonsteins; one of acid and the other of basaltic composition. The former originated in Plinian type eruptions at some distance from Britain and the other from much smaller local eruptions. The tectonic settings also differed, with the former occurring at a distant plate boundary and the latter occupying a within-plate position. Although the approach was statistically sound and appropriate for the particular sample suite, the groupings were broad and lacked the appeal of the Winchester and Floyd (1977) discriminant diagrams, in which eleven volcanic fields are defined on a Zr/TiO_2 vs Nb/Y plot [107]. Again, ratios are used to normalize the relevant concentrations. Although tectonic setting may be inferred from the tonsteins' characteristics, including the postulated volcanic composition, further tectonic information is provided by bivariate plots of the type produced by Leat et al. (1986) using TiO_2 and Zr, which separate within-plate lavas from those originating in arcs [77]. This scatter plot is based on volcanic rocks, and to apply this or similar discriminant diagrams to tonsteins requires the tonstein data to be normalized to allow for the effects of alteration. In the work of Spears and Lyons (1995), trace element concentrations were re-expressed assuming an initial volcanic concentration of 15% Al_2O_3 [95].

Analyses of UK Westphalian tonsteins (Spears et al., 1999) are shown on a Winchester and Floyd (1977) plot of Zr/TiO_2 vs Nb/Y in Fig. 1 [97, 107]. The samples plot in two groups, as would be predicted from the work cited above. The group with an alkali-basalt designation is consistent with the composition of the

restricted volcanics in the coalfields. The other group plots in the rhyodacite/dacite field.

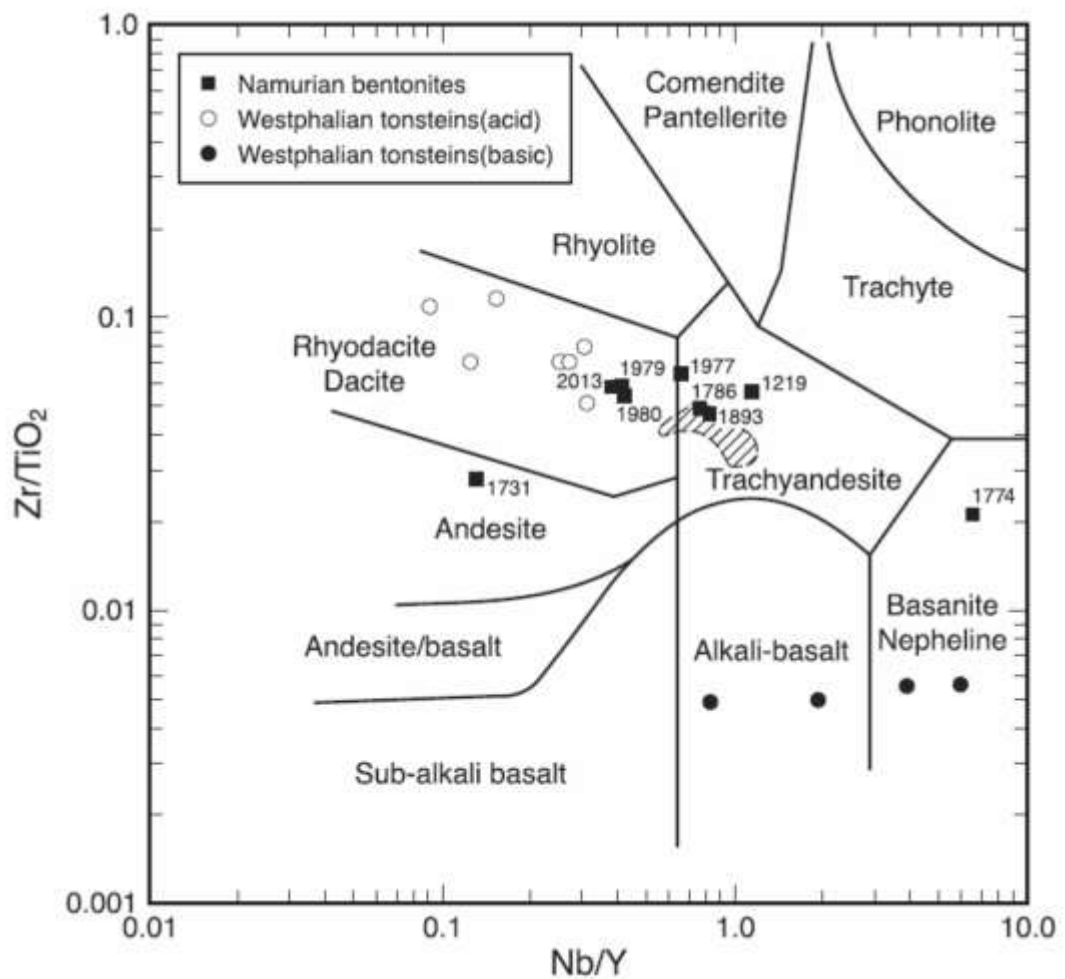


Fig. 1 – Westphalian tonstein samples plotted on the magmatic discriminant diagram of Winchester and Floyd (1977), acid tonsteins open circles, basaltic tonsteins solid circles [107]. Plotted on the same diagram are analyses of Namurian K-bentonites and two tonsteins (solid squares). Laser ablation ICP-MS analyses for one of the Namurian bentonite samples fall within the shaded area (Figure reproduced, with permission, from Fig. 5 in Spears et al., 1999, *Sedimentology*, 46, 385–401. [97])

Also included in Fig. 1 are analyses of Namurian tonsteins and K-bentonites from the Pennine Basin in the UK. These include laser ablation ICP-MS analyses of one bentonite sample. The sample was traversed generating 120 spot analyses, which are comparable to the conventional analyses and also show little variation across the

sample demonstrating a lack of fractionation in the ash. On average the Namurian samples appear to have originated from a less silicic and more alkaline source, suggesting progressive evolution of the erupted ash. There is some unexplained scatter in the Nb/Y ratio, and a cautious approach to any interpretation is required. Nevertheless, it would appear that the chosen elements are indeed immobile and diagnostic of ash composition. The consistency of the volcanic designation is in keeping with the immobile character of the elements, as also is the similarity of the K-bentonite results, given that these materials were subjected to less alteration.

Some of the UK Westphalian tonsteins were included in the study of Lyons et al. (1994), in which glass inclusions in quartz crystals were analyzed with the electron microprobe [79]. These analyses (Lyons et al., 1994; Table 4) all show a high-silica rhyolitic composition. On the basis that the direct determination of composition using the microprobe is correct, then the indirect determination from the discriminant diagram would appear to underestimate the total SiO₂. Similar small differences have been noted by Huff (personal communication, 2010), working on K-bentonites, who notes that the diagrams are based on cumulative data and are permissive but not precise indicators of tectomagmatic history. Whatever the exact composition, it is clear that a silicic ash is involved, and one which from all the evidence originated in a plinian/ultraplinian volcanic eruption associated with a distant continental crust subduction zone. The mechanism by which the magma evolved is less clear. According to Bachmann and Bergantz (2004), establishing the process and the controls on the generation of magmas with SiO₂ concentrations in excess of 65% (silicic) remains a major challenge in igneous petrology [46]. The origin of rhyolites remains elusive, and involves either partial melting of crustal material or fractional crystallization of a more mafic parent, or some combination of both.

Immobile trace elements have been used by a number of authors working on tonsteins, including Dai et al. (2011) and Zhou et al. (2000) [64, 112]. A series of scatter plots using immobile elements was used to distinguish the tonsteins from associated detrital mudrocks. The latter have a geochemical signature similar to

basaltic rocks on the erosional western margin of the basin. The tonsteins, on the other hand, are believed to have originated from silicic magmas with a stratigraphic variation from rhyodacite to rhyolite upwards through the succession. Three types of tonstein were identified and designated silicic, mafic, and alkali. The latter, which are characterized by high contents of Nb, Ta, Hf, REE (rare earth elements), Ga, U and Th, are not represented in the UK. Although not tonsteins, there are bentonites (smectite-rich clay altered volcanic ashes) which fall in this category. Trace element analyses presented by Ruffell et al. (2002) have many features in common with the Chinese alkali tonsteins (Dai et al., 2011; Zhou et al., 2000) [87, 64, 112]. The bentonite analyses, when plotted on a Zr/TiO₂ vs Nb/Y diagram, fall in the trachyte field, and on a Ta vs Yb plot (after Pearce et al., 1984) the samples fall in the within-plate granite field (Ruffell et al., 2002; Fig. 6a and b) [87].

The work of Huff and Morgan (1990), Huff et al. (1991, 1998), and Inanli et al. (2009) on altered volcanic ashes (K-bentonites, i.e. mixed-layer illite–smectite composition) in Lower Paleozoic rocks is very relevant to tonstein studies [74, 72, 73]. To some degree, the studies have run in parallel and have proved of mutual benefit, particularly in the use of geochemistry. However, there has been less emphasis on proving a volcanic origin, because this was already established from the field relationships and distinctive mineralogy; attention has rather been directed towards establishing the geochemical variation within and between horizons. Immobile elements are used in scatter plots, similar to those described in the tonstein studies, but, in addition, a rigorous statistical approach has been adopted using discriminant function analysis. In a recent study by Inanli et al. (2009), an excellent geochemical separation of K-bentonite groups was achieved, which indicates that the chemical variance between beds is much greater than the within-bed variance [75]. The possession of a unique and identifiable chemical signature enabled the authors to test correlations over large distances. Such a statistical approach could have potential for tonstein workers.

2.6 Classifications of tonsteins, tuffs and bentonites – possible links

The tonstein classification of Schuller and Hoehne (1956) is based on petrography [89]. Although the classification is descriptive, it remains of value because there is a genetic basis. Volcanic ash deposits are traditionally classified on the glass–mineral proportions and range from vitric tuffs to crystal tuffs (Pettijohn, 1975) [84]. Bouroz et al. (1983) and Bohor and Triplehorn (1993) have made some progress in relating the descriptive Schuller classification to such tuff nomenclature [51, 48]. Dichte tonstein is interpreted as a clay-altered vitric tuff. A graupen tonstein could be equivalent to a vitric tuff containing pumice shards. There is also the possibility raised by Diessel (1985) that in some graupen tonsteins the texture is due to highly altered biotites, which have lost their original lath-shape and become barrel-shaped [65]. The pseudomorphosen tonsteins are clearly altered crystal tuffs and so are some of the kristal tonsteins. However, large crystals of kaolinite are observed, such as the striking vermicular crystals, which do not appear to have had a volcanic progenitor. There is therefore an argument for retaining the descriptive Schuller classification because not all tonsteins can be readily related to the tuff classification. In addition to vitric and crystal tuffs, there is a third category, namely lithic tuffs (Pettijohn, 1975) [84]. In general, it would appear that few tonsteins have this derivation. In the work of Strauss (1971), normal sediment was recognized in tonsteins from coalfields in the English Midlands [101]. This was confirmed in the work of Spears and Kanaris-Sotiriou (1979); it was shown that these tonsteins were derived from basic ash originating from nearby vents, which does not apply to the vast majority of tonsteins [94]. Although the sediment may well have come from the vent, and could therefore be considered as belonging to the lithic category, the possibility of normal sediment being mixed with the ash at the time of sedimentation cannot be eliminated. The nomenclature of these “transitional tonsteins” was discussed by Strauss (1971) [101]. Following on from this it was proposed by Lyons et al. (1994) that a tonstein should be a claystone of volcanic ash origin with a kaolinite content greater than 50% [79]. The same percentage limit could also be used where the ash

alteration to kaolinite is incomplete. Such examples are described in the work of Bohor and Triplehorn (1993), and are referred to above in the context of the rate of clay alteration [48].

Based on the discussion above, it follows that tonsteins could be referred to as kaolinitic bentonites. However, the term tonstein is long-established and should be retained. Tonsteins that have been subjected to higher levels of diagenetic alteration, with the conversion of kaolinite to an illite–chlorite assemblage, are best described as metatonsteins, as for example in the work of Admakin (2002) [2]. The term illite-tonstein (Burger et al., 1990) is not appropriate because tonstein implies a kaolinitic composition [59]. There is also consistency in that metatonstein has the same relationship to tonstein as K-bentonite has to bentonite. Tonsteins have also been referred to as Kaolin–Kohlentonstein (Burger and Damberger, 1979), which could lead to kaolinite tonstein [55]. Again, this is not seen as appropriate because by definition a tonstein is kaolinite rich. In the previous section, the possibility has been raised that illite could be a primary alteration product under the right conditions. If this proves to be correct, illitic-bentonite might be an appropriate descriptor. Bentonite is being used in two senses, in the broad sense the definition used by Fisher and Schmincke (1984) of a clay-altered volcanic ash deposit (commonly altered to smectite, but not exclusively so) and the more restricted sense implying a smectite composition [68]. Greater clarification would be provided if smectitic-bentonite were used to describe the latter, *sensu stricto*, case.

The two groups of tonsteins recognized in the UK have been referred to informally as acid and basic tonsteins (Spears and Kanaris-Sotiriou, 1979; Spears and Lyons, 1995) [94, 95]. These two groups correspond to two of the three groups recognized in China (Dai et al., 2011; Zhou et al., 2000), namely the silicic and mafic tonsteins [64, 112]. The third group, the alkali tonsteins, is not known in the UK. These descriptions have value, but the volcanic groupings are broad. Using the geochemistry greater discrimination is possible, and this should be reflected in using the volcanic nomenclature, for example rhyolitic tonstein.