

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа природных ресурсов**
 Направление подготовки **05.04.01 Геология**
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение геологии**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
ПРИРОДА РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО Nb-Zr-Ta-Nf-РЗЭ ОРУДЕНЕНИЯ В УГЛЯХ КУЗБАССА И МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА

УДК 553.94:546.3(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Саквина (Еремеева) Влада Владиславовна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Атепаева Н.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 05.04.01)

Геология

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Выпускник готов применять глубокие базовые и специальные естественнонаучные и профессиональные знания в профессиональной деятельности для решения задач обеспечения минерально-сырьевой базы и рационального природопользования.
P2	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. Способен, выполнять моделирование для оценки достоверности запасов и выбора кондиционных параметров, разработать ТЭО кондиций для участков выборочной детализации.
P3	Выпускник способен осуществлять поиски и разведку месторождений стратегических металлов, 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.
P4	Может совершенствовать существующие и разрабатывать новые методы и методики исследования вещества, проведения ГРР, 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>	
P5	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.
P6	Способен отказаться от традиционных подходов, генерировать новые идеи и подходы. Способен найти новые возможности развития в неопределенных ситуациях и др.
P7	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.
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональном коллективе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности в геологоразведочной сфере.
P9	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа природных ресурсов**
 Направление подготовки (специальность) **05.04.01 Геология**
 Отделение школы (НОЦ) **Отделение геологии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Язиков Е.Г.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Саквиной (Еремеевой) Владе Владиславовне

Тема работы:

ПРИРОДА РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО Nb-Zr-Ta-Hf-P3Э ОРУДЕНЕНИЯ В УГЛЯХ КУЗБАССА И МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Пробы угля и вмещающие их породы с месторождений Кузнецкого и Минусинского угольных бассейнов</p>
<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;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кузнецкий угольный бассейн 2. Минусинский угольный бассейн. 3. Объект и методы исследования. 4. Минералого-геохимические особенности металлоносных углей. 6. Природа редкометалльного Nb-Zr-Ta-Hf-P3Э

<i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>		оруденения в углях. 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 8. Социальная ответственность 9. Заключение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Геологическая карта Кузнецкого и Минусинского угольных бассейнов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна	
Социальная ответственность	Атепаева Наталья Александровна	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Природа редкометалльного Nb-Zr-Ta-Hf-РЗЭ оруденения в углях Кузнецкого и минусинского угольных бассейнов		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

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
2ЛМ81	Саквина (Еремеева) Влада Владиславовна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Саквиной (Еремеевой) Владе Владиславовне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Геологии
Уровень образования	магистр	Направление / специальность	05.04.01 Геология

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
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ССН-92, СНОР-93
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	30 % страховые взносы; 20% НДС; 0,4% профессиональные риски.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет стоимости ОЗП, амортизации основных фондов
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление сметной стоимости по изучению металлоносных углей

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Саквина (Еремеева) Влада Владиславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ81	Саквиной (Еремеевой) Владе Владиславовне

Школа	ИШПР	Отделение	Геология
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	05.04.01 Геология

Тема ВКР:

Природа редкометалльного Nb-Zr-Ta-Hf-РЗЭ оруденения в углях Кузбасса и Минусинского бассейна

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – пробы угля и пород их вмещающих. Приборы, на которых производились исследования: - <i>дифрактометр D2 PHASER</i> Проба, истертая до пудры, помещается в кюветку, которая отправляется в дифрактометр на 2,5 часа. После на компьютер, подключенный к дифрактометру, выводится дифрактограмма. Дешифрование дифрактограммы производится с помощью программы EVA вручную. - <i>электронный микроскоп Hitachi S-3400N</i> Электронная микроскопия проводилась для изучения формы, морфологических особенностей и состава тонкодисперсных минеральных образований. Эти данные служат для определения минералогической принадлежности частиц. Выполнение камеральных работ (обработка результатов анализов, построение графиков, набор текста) проводилось на ПК. Рабочее место расположено в 540 аудитории 20 корпуса ТПУ.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>- ТОИ Р-45-084-01; - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019); - Руководство по эксплуатации дифрактометра D2 PHASER; - Hitachi S-3400N Инструкция по эксплуатации</p>
<p>2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>- недостаточное освещение рабочей зоны; - отклонение параметров микроклимата; - нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; - повышенный уровень шума</p>

	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность:	- Правила утилизации ПК и комплектующих; - Правила утилизации макулатуры; - Правила утилизации люминесцентных ламп
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеется углекислотный огнетушитель (ОУ-3-ВСЕ); система автоматической противопожарной сигнализации, разработан план эвакуации.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна	нет		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Саквина (Еремеева) Влада Владиславовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 115 стр., 45 рис., 15 табл., 47 источников.

Ключевые слова: уголь, редкие металлы, геохимия углей, Zr-Hf-Ta-Nb-REE оруденение в углях.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы являются редкометалльно-угольные проявления в Кузнецком и Минусинском бассейнах, представленные коллекцией проб углей и углевмещающих пород, отобранных в период с 2018 по 2019 года на действующих угольных предприятиях.

Целью данной работы является исследование основных минералогеохимических особенностей Nb-Ta-Zr-Hf-РЗЭ оруденения в углях, на примере XI пласта Кузнецкого и XXX пласта Минусинского бассейнов, и рассмотрение природы его формирования.

Проведенные исследования показали, что угли XXX и XI пластов представляют из себя полиметалльные руды Zr-Hf-Ta-Nb-REE состава. Формирование такого рода оруденения связано с наличием в угольных пластах породных горизонтов небольшой мощности, которые аномально обогащены цирконием, гафнием, ниобием, танталом и некоторыми другими элементами.

Распределение Zr, Hf, Ta, Nb и REE в угле и золе угля в вертикальном разрезе пластов подчеркивает их связь с вулканогенными пирокластическими горизонтами (тонштейнами) и отражает геохимическую зональность, которая обусловлена перераспределением химических элементов при участии водных растворов. Особенно отчетливо это проявлено для редкоземельных элементов.

Основными концентраторами REE как в пробах угля, так и в породных горизонтах выступают фосфатные минералы, преимущественно, монацит. Кристаллы циркона сосредоточены в алюмосиликатном веществе угля.

Также повсеместно распространены оксиды титана с примесью Nb и Zr.
Данные подтверждены электронной микроскопией.

Содержание

РЕФЕРАТ	8
ВВЕДЕНИЕ	13
1 КУЗНЕЦКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАССЕЙН	15
1.1 Геолого-экономическая характеристика района	15
1.2 Геологическая изученность территории	18
1.3 Особенности геологического строения Кузнецкого бассейна.....	19
1.4 Угленосность и качество углей	20
1.5 Характеристика объекта исследования	21
2 МИНУСИНСКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАССЕЙН.....	25
2.1 Географо-экономическая характеристика района	25
2.2 История геологической изученности.....	27
2.3 Геологическое строение Изыхского месторождения.....	28
2.4 Угленосность Изыхского месторождения.....	33
2.5 Характеристика объекта исследования	34
3 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
3.1 Опробование угленосных отложений.....	36
3.2 Лабораторно-аналитические исследования	37
3.2.1 Пробоподготовка	37
3.2.2 Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	38
3.2.3 Метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).....	39
3.2.4 Рентгенофазовый анализ (РФА)	39
3.2.5 Другие методы анализа	41
3.3 Обработка информации.....	41

4 ГЕОХИМИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В УГЛЯХ	43
4.1 Оценка редкометалльной геохимической специализации углей.....	43
4.1.1 Кузнецкий угольный бассейн (XI пласт).....	43
4.1.2 Минусинский угольный бассейн (XXX пласт).....	46
4.2 Основные закономерности распределения редких элементов в углях ..	48
Латеральная изменчивость.....	49
Вертикальная изменчивость	50
4.3 Формы нахождения и условия накопления редких элементов в углях..	54
5 ПРИРОДА РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО Nb-Zr-Ta-Hf-ReE ОРУДЕНЕНИЯ В УГЛЯХ.....	68
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	75
6.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объема лабораторных работ	75
6.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ	77
6.3 Нормы расхода материалов	78
6.4 Общий расчет сметной стоимости работ.....	80
7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МЕТАЛЛОНОСНЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА И МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА	82
7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
7.2. Производственная безопасность	85
7.2.1 Анализ вредных и производственных факторов	85
7.3. Экологическая безопасность.....	91
7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92

Заключение	94
Список использованной литературы.....	96
Приложение А	102

ВВЕДЕНИЕ

Уголь является геохимическим барьером, обуславливающим накопления различных химических элементов, благоприятен для формирования в угольных пластах геохимических аномалий. Общие тенденции увеличения спроса на редкие металлы и разработки новых технологий переработки позволяют нам с оптимизмом смотреть на перспективы освоения новых типов редкометалльно-угольных месторождений (Seredin, Finkelman, 2008; Arbuzov et al., 2019).

Впервые Nb-Ta-Zr-Hf-РЗЭ оруденение было выявлено 1989 г. В.В. Ершовым в углях Кузнецкого бассейна, но детального исследования не проводилось из-за ограниченных технических возможностей. Позднее подобного типа руды были выделены в углях Минусинского бассейна (Арбузов и др., 2003). В последнее десятилетие этот комплекс элементов был отмечен в близких по составу рудах Китая (Dai et al., 2010, 2012).

Природа такого типа комплексного оруденения объясняется по-разному: от сингенетической гидрогенной минерализации (Середин, 1994) до вулканогенной (Арбузов и др., 2003; Арбузов С.И., Ершов В.В., 2007; Seredin, Finkelman, 2008; Dai et al., 2010, 2012) и вулканогенно-гидротермальной (Середин, 1994; Dai et al., 2016a, 2016b; Zhao et al., 2017a, 2017b, 2017c).

Целью данной работы является исследование основных минералого-геохимических особенностей Nb-Ta-Zr-Hf-РЗЭ оруденения в углях, на примере XI пласта Кузнецкого и XXX пласта Минусинского бассейнов, и рассмотрение природы его формирования.

Основные задачи исследования:

- определить средние содержания Nb-Ta-Zr-Hf-РЗЭ в углях пласта XXX Изыхского месторождения и пласта XI Кузбасса;
- изучить основные закономерности их распределения в угольных пластах;
- рассмотреть природу формирования Nb-Ta-Zr-Hf-РЗЭ оруденения.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору отделения геологии С.И. Арбузову, за всестороннюю помощь при выполнении работы, а также А.В. Вергунову – инженеру-исследователю, аспиранту отделения геологии, за помощь в исследовании материалов.

1 КУЗНЕЦКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАССЕЙН

1.1 Геолого-экономическая характеристика района

Кузнецкий угольный бассейн расположен в южной части Западной Сибири, в основном на территории Кемеровской области, небольшие его участки заходят на территорию Новосибирской и Томской областей и Алтайского края. Общая площадь угленосных отложений 27 тыс. км² (Угольная база..., 2003).

Кузнецкий Алатау, Горна Шория и Салаирский кряж окружают Кузнецкую котловину (рис.1.1), северо-западная часть которой постепенно переходит в Западно-Сибирскую равнину.

Рельеф Кузнецкой котловины отражает общие черты ее геологического строения и историю формирования. Самые древние элементы рельефа представлены реликтами мел-палеогеновой и неогеновой поверхностей выравнивания.

В олигоцене неотектонические движения привели к ступенчатому опущению поверхности в Кузнецкой котловине относительно горных сооружений, которые окружают ее.

Кузнецкий бассейн находится в умеренном поясе северного полушария и характеризуется континентальным климатом с частыми и резкими колебаниями температуры воздуха, количества осадков и других климатических и погодных факторов.

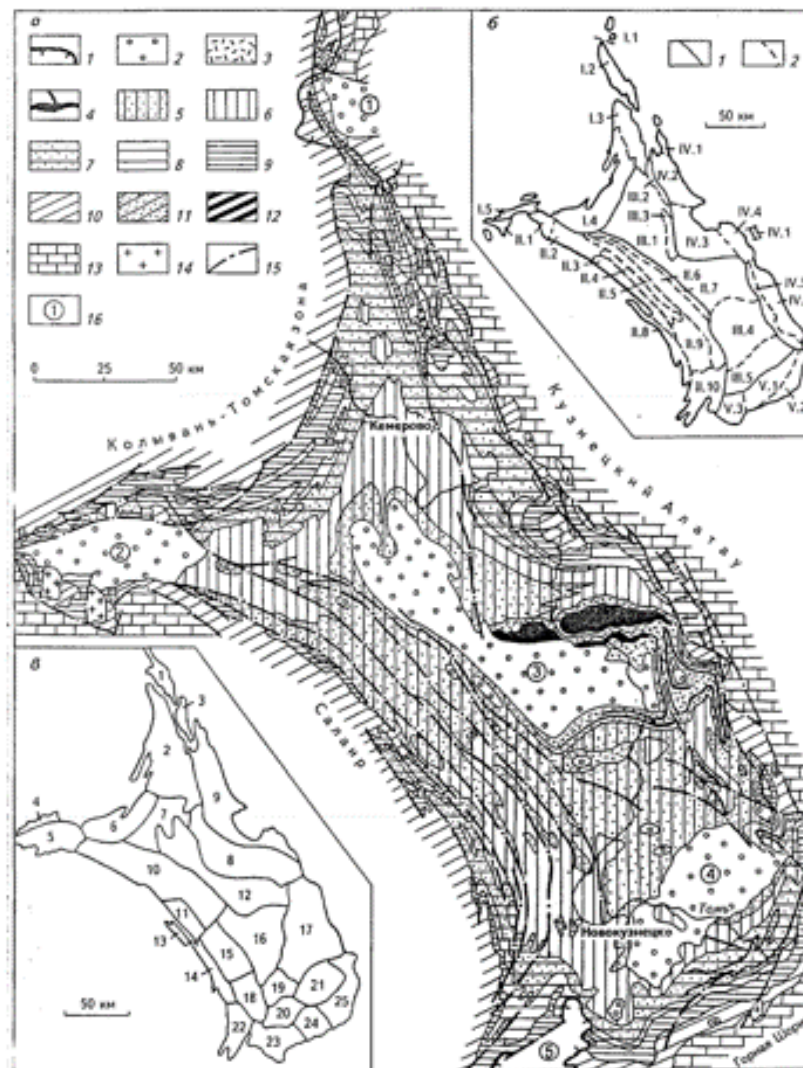


Рис. 1.1. Геологическая карта (а) и схемы тектонического (б) и геолого-экономического (в) районирования Кузнецкого бассейна (Угольная база... 2003)

а) Отложения: 1 – меловые отложения (K_{1-2}); 2 – угленосные юрские (J_{1-2}); 3, 4 – триасовые (T_{1-2}): 3 – туфогенно-терригенные, 4 – базальты; 5-8 – угленосные верхнепалеозойские (C_{1-2}) отложения: 5, 6 – кольчугинская серия (P_1): 5 – продуктивные, 6 – малопродуктивные и непродуктивные; 7, 8 – балахонская серия (C_{1-2}): 7 – продуктивные, 8 – малопродуктивные и непродуктивные; 9 – терригенно-карбонатные нижнекаменноугольные (C_{1IV}); 10-12 – девонские (D): 10 – осадочные и вулканогенные, 11 – угленосная барзасская свита (D_1), 12 – горючесланцевая дмитриевско-перебодская толща (D_{1a}); 13 – додевонские осадочные, магматические и метаморфические образования; 14 – гранитоиды средне- и позднепалеозойские; 15 – разрывные нарушения; 16 – мезозойские впадины: (1) – Улановская (Кататская), (2) – Доронинская, (3) – Чусовитинская-Бунгаранская, (4) – Подобаско-Тутуяская, (5) – Нениско-Чумышская.

б) Границы: 1 – зон, 2 – подзон. Зоны: I – Приколывань-Томская, II – Присалаирская, III – Центральная, IV – Приалатауская, V – Пригорношорская. Подзоны: I.1 – Тапмынская, I.2 – Анжеро-Судженская, I.3 – Кедровская, I.4 – Титовская, I.5 – Завьяловская, II.1 – Дергаусовская, II.2 – Каменская, II.3 – Чертинская, II.4 – Беловская, II.5 – Ленинская, II.6 – Грамотеинская, II.7 – Солоновская-Кыргайская (Уропская), II.8 – Бачатско-Проктопьевская, II.9 – Ускатская, II.10 – Чумышско-Новокузнецкая. III.1 – Плотниковская, III.2 – Конюхтинская, III.3 – Борисовская, III.4 – Ерунаковская, III.5 – Тарбаганская, IV.1 – Туганавско-Баянзасская, IV.2 – Заломенская, IV.3 – Мунгатская, IV.4 – Тайдонская, IV.5 – Терсинская, IV.6 – Восточная, V.1 – Усинская, V.2 – Чульжанская, V.3 – Кондомская.

в) Геолого-экономические районы: 1 – Анжерский, 2 – Кемеровский, 3 – Барзасский, 4 – Завьяловский, 5 – Доронинский, 6 – Титовский, 7 – Плотниковский, 8 – Салтымаковский, 9 – Крапивинский, 10 – Ленинский, 11 – Беловский, 12 – Центральный, 13 – Бачатский, 14 – Проктопьевско-Киселевский, 15 – Ускатский, 16 – Ерунаковский, 17 – Терсинский, 18 – Арапичевский, 19 – Байдаевский, 20 – Осинниковский, 21 – Тутуяский, 22 – Бунгуро-Чумышский, 23 – Кондомский, 24 – Мрасский, 25 – Томь-Усинский.

В Кузнецком угольном бассейне гидрографическая сеть сформирована р. Обь. С юга на север бассейн дренирует р. Томь, она является основным источником технического и питьевого водоснабжения. В северо-западной части бассейна протекает р. Иня, в среднем течении которой построено Беловское водохранилище. Река Чумыш дренирует юго-западную часть бассейна. За последние несколько лет в результате нерационального хозяйствования в Кузбассе уничтожено достаточно много малых рек и ручьев, которые питали главные водные артерии бассейна.

На территории Кузнецкой котловины распространены различные типы почв. В юго-западной части преобладают выщелоченные и оподзоленные черноземы. Для юго-восточной части характерны серые лесные и дерново-подзолистые почвы. Аллювиально-луговые и болотные почвы характерны для речных долин и заболоченных водоразделов. Мощная техногенная нагрузка и интенсивное развитие с/х на территории Кемеровской области привели к загрязнению почв и частичной их деградации.

На территории Кузбасса почти повсеместно развиты антропогенные формы ландшафта. Незначительные изменения вызваны сельско- и лесохозяйственной деятельностью. Но подземная и открытая добыча угля привели к колоссальным изменениям территории.

Кузбасс занимает лидирующее место в экономике России. Ведущая роль здесь принадлежит промышленному комплексу по добыче и переработке угля, железных руд и разнообразного нерудного сырья для металлургии и строительной индустрии. По состоянию на начало 2016 г. в Кемеровской области функционирует 95 угледобывающих предприятий (47 шахт и 48 разрезов) и около 50 обогатительных фабрик, добыто около 214 млн. т угля (Шатиров С.В., 2016). Кемеровский, Ленинский, Беловский, Бачатский, Прокопьевско-Киселевский, Бунгуро-Чумышский, Ерунаковский, Байдаевский, Осинниковский, Мрасский, Кондомский и Томь-Усинский районы являются основными центрами угледобычи (Угольная база..., 2003).

1.2 Геологическая изученность территории

Геологическое изучение и освоение Кузнецкого угольного бассейна насчитывает 300-летнюю историю (Угольная база..., 2003). Практическое использование кузнецких углей и первые документы относятся к XVIII веку.

Благодаря поисково-разведочным работам, проведенным в середине 19 века, были выявлены множественные выходы угольных пластов по берегам рек. В 1845 году данной территории было присвоено название «Кузнецкий бассейн» в честь города Кузнецк. Разработка углей в небольших объемах предпринималась, начиная с последней четверти XVIII в. Постоянная добыча в промышленных масштабах была организована в середине XIX в.

До начала XX столетия геологическая изученность бассейна была крайне низкой, пока не провели Транссибирскую железнодорожную магистраль и не передали в 1912 году большую часть территории Кузнецкого бассейна в аренду акционерному обществу «Коникуз».

В изучении общей геологии бассейна заметная роль в этот период принадлежит петербургским и томским геологам: А. А. Иностранцеву, Б. К. Поленову, А. А. Краснопольскому, А. Н. Державину, А. М. Зайцеву, проводившим исследования в основном на средства Кабинета Его Императорского Величества. В 1914 году были начаты масштабные региональные поиски геологами из Донецка под руководством Лутугина Л.И. В.И. Ярославским и П.И. Бутовым в середине 20-х годов XX века была опубликована геологическая карта, в которой были описаны геологическое строение и полезные ископаемые Кузбасса и дана оценка угольных ресурсов.

В 1930-80-е годы в ходе масштабных геологоразведочных и научно-исследовательских работ сформировалось современное представление о геологии и минеральных ресурсах Кузнецкого бассейна. Угленосные отложения, которые прежде не были доступны для геологического изучения, разведывались с помощью колонкового бурения.

Послевоенное время ознаменовано открытием и освоением уникальнейших угольных месторождений в районах Томь-Усинска и Мраска. В 1948 году было выявлено Распадское месторождение с промышленной угленосностью приуроченное к кольчугинской серии и расположенное в среднем течении р. Ольжерас.

В 1965-1966 гг. сырьевую базу угольной отрасли пополнили Талдинское и Караканское месторождения, расположенные в Ерунаковском районе. Последующие поисковые работы привели к открытию Новоказанского, Северо-Талдинского и Соколовского месторождений.

80-е и особенно 90-е годы являются временем застоя геологоразведочных работ и добычи полезных ископаемых не только в Кузбассе, но по всей стране из-за сокращения финансовой поддержки государством.

Сейчас ведутся в незначительных масштабах региональные работы по обновлению геологической карты и разведка локальных площадей по заказам угольной промышленности.

1.3 Особенности геологического строения Кузнецкого бассейна

В геологическом строении Кузнецкой котловины и её обрамления принимают участие докембрийские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские образования (Угольная база..., 2003).

Породы докембрия представлены метаморфизованными терригенно-карбонатно-вулканогенными толщами. Встречаются гранитно-гнейсовые комплексы – образования, сформировавшиеся в раннем рифее-протерозое. Современный эрозионный срез докембрийских пород выходит на дневную поверхность в структурах Кузнецкого Алатау и Горной Шории.

Обрамление Кузнецкой котловины вблизи складчатых структур сформировано отложениями раннего протерозоя. Этот период ознаменован образованием интрузивов различного состава: ультраосновного, основного и кислого. Масштабное распространение гранитоидной формации связано с

образованием скарновых Fe-рудных и гидротермальных Au-рудных месторождений, благодаря которым была определена металлогения Алтае-Саянской складчатой области.

Западная часть Кузнецкой котловины характеризуется образованием известково-песчано-глинистой формации без явных признаков магматизма. Восточная часть, прилегающая к области поднятия, характеризуется формированием молассоидно-вулканогенной формацией с проявлением контрастного вулканизма базальт-андезит-липаритовой, трахибазальт-трахилипаритовой формаций. Вулканогенные породы девона характеризуются специфическими геохимическими и металлогеническими особенностями.

Структуры Кузнецкого Алатау и Горной Шории в позднем палеозое в период образования угленосной толщи являются областями питания седиментационного бассейна, а со среднего карбона также и Салаир.

После крупного предюрского перерыва в осадконакоплении происходит накопление угленосной лимнической серого цвета алевро-песчаной формации.

1.4 Угленосность и качество углей

Угольная толща, которая сформировалась в верхнем палеозое, состоит из 2 угленосных уровней, которые разделены безугольной толщей. Мощность угленосной толщи составляет около 8 км, при мощности безугольного горизонта в 1 км (Угольная база..., 2003).

В каменноугольных и пермских отложениях установлено 300 пластов и прослоев угля суммарной мощностью 380-400 м, из них 126 пластов кондиционной мощности.

Общая мощность угленосных юрских отложений в Кузбассе может быть оценена в 200 м. Неэродированные остатки этой толщи сохранились только в отдельных разобщённых мульдах. В юрских отложениях выделено 56 угольных пластов.

Между угленосными толщами юры и верхнего палеозоя залегают безугольные отложения триаса, имеющие мощность около 1,5 км. Здесь зафиксированы проявления траппового магматизма.

Марочный состав каменных углей изменяется от длиннопламенных до антрацитов (рис. 1.2).

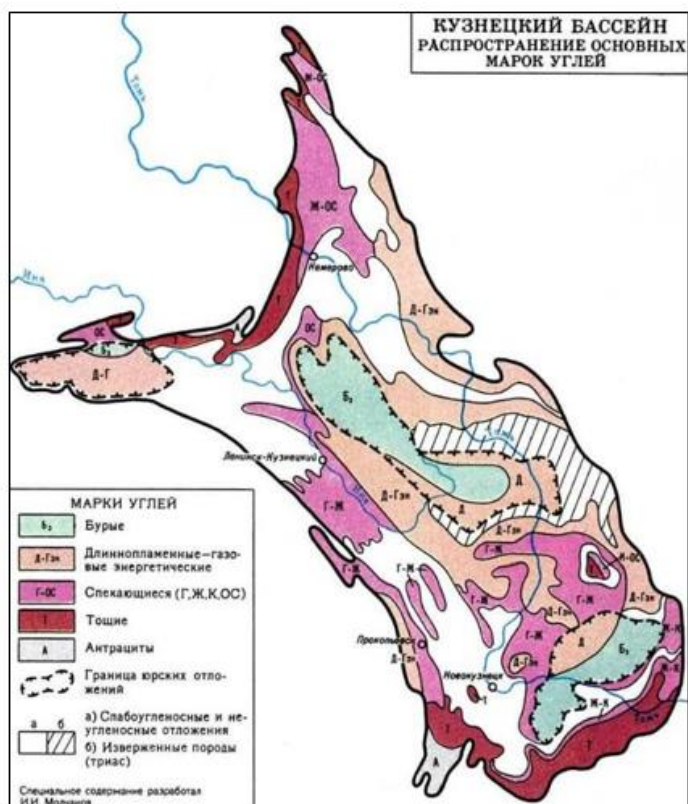


Рис. 1.2. Распространение основных марок углей в Кузнецком бассейне (по И.И. Молчанову) (Угольная база..., 2003)

1.5 Характеристика объекта исследования

XI пласт находится в южной части Кузнецкого бассейна. В южном и юго-восточном обрамлении в непосредственной области сноса бассейна угленакопления наряду с терригенно-карбонатными отложениями распространены вулканогенные толщи преимущественно базитового, щелочно-базитового состава, разнообразные интрузивные массивы кислого, щелочного и основного состава, многочисленные эндогенные месторождения и проявления цветных металлов (рис.1.3).

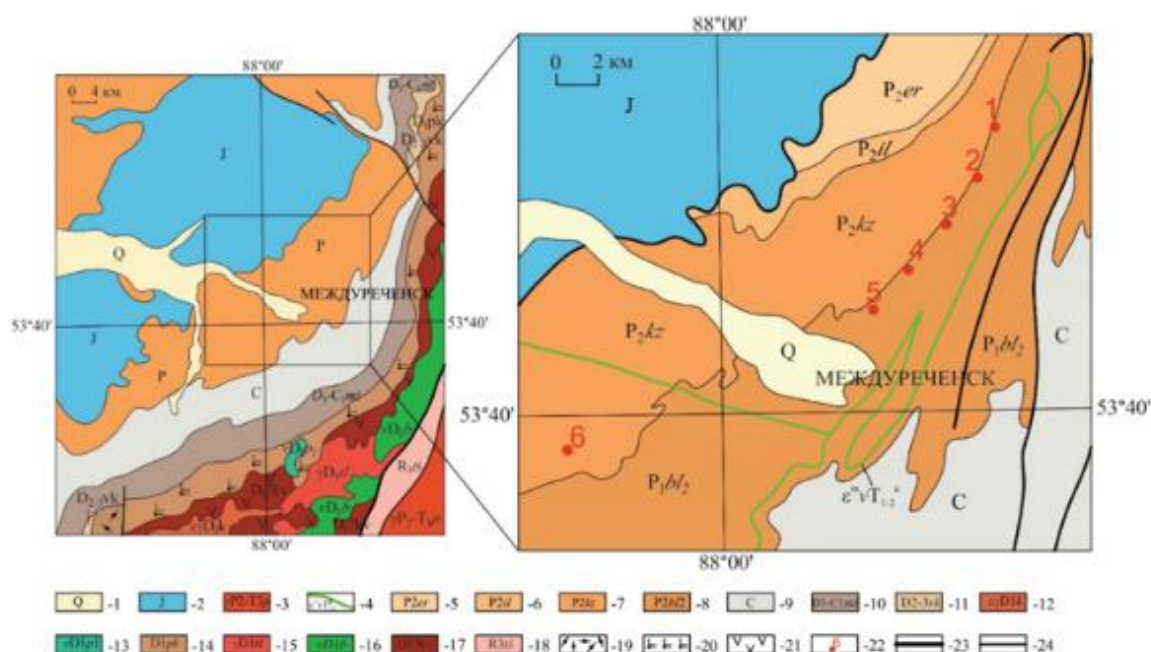


Рис. 1.3. Фрагмент геологической карты юга Кузбасса и положение на ней участков опробования пласта XI (Arbuzov et al., 2019)

1 – четвертичные образования; 2 – юрские образования; 3, 4 – позднепалеозойско-раннемезозойские интрузивные образования: 3 – порожинская серия гранитоидных комплексов, 4 – абинский трапповый трахибазальтовый комплекс; 5-8 – пермь: 5 – ерунаковская подсерия (ленинская, грамотеинская, тайлуганская свиты), 6 – ильская подсерия (казанково-маркинская, ускатская свиты), 7 – кузнецкая подсерия, 8 – верхнебалахонская подсерия (промежуточная, ишановская, кемеровская свиты); 9 – каменноугольные образования; 10 – верхний девон – нижний карбон: мозжухинская группа свит; 11 – восточно-кузбасская серия; 12-13 – ранне-среднедевонские интрузивные образования: 12 – кистальский граносиенит-гранит-лейкогранитовый комплекс, 13 – патынская группа сиенит-габбровых комплексов; 14 – палатинско-копьевская группа свит; 15, 16 – раннедевонские интрузивные образования: 15 – тельбесский ряд габбро-гранитоидных комплексов (нерасчлененные образования), 16 – большереченский диорит-габброноритовый комплекс; 17 – лохковский ярус. Кувасская толща; 18 – ташелгский мраморо-гнейсовый-амфиболитовый полиметаморфический комплекс; 19 – вулканы кислого состава умереннощелочного и нормального рядов, преимущественно лавы и туфы; 20 – трахибазальты с трахитами и умереннощелочными риолитоидами, преимущественно лавы и туфы; 21 – лейкобазальты, андезибазальты, андезиты умереннощелочной и известково-щелочной серии: лавы и туфы; 22 – точки отбора проб; 23, 24 – разрывные нарушения: 23 – главные, 24 – прочие.

Наиболее детально пласт XI изучен в восточной части бассейна. На западе также вскрыт в шахте Абашевская (Arbuzov et al., 2019). В центральной и северной частях бассейна пласт XI не выделяется в связи с тем, что здесь принята иная схема корреляции угольных пластов с другими названиями. Для выявления этого пласта в составе кемеровской свиты в центре и на севере бассейна необходимо проведение специализированных работ по корреляции угольного разреза. Имеющаяся корреляция не позволяет однозначно идентифицировать пласт XI на всей территории Кузбасса.

Стратиграфически пласт XI находится в составе отложений кемеровской свиты верхнебалахонской подсерии раннепермского возраста (Угольная база..., 2003).

Пласт имеет достаточно невыдержанную мощность, она колеблется от 0,3 до 5,0 м. Средняя мощность уменьшается с востока на запад. На западе бассейна пласт XI выклинивается и промышленного значения не имеет.

Пласт XI имеет выдержанное строение. Обычно он представлен двумя угольными пачками, разделенными неугольным прослоем мощностью от 6 до 15 см, редко более (рис. 1.4). на отдельных участках в нижней пачке появляются 1-2 маломощных (1-4 см) прослоя аргиллитов.

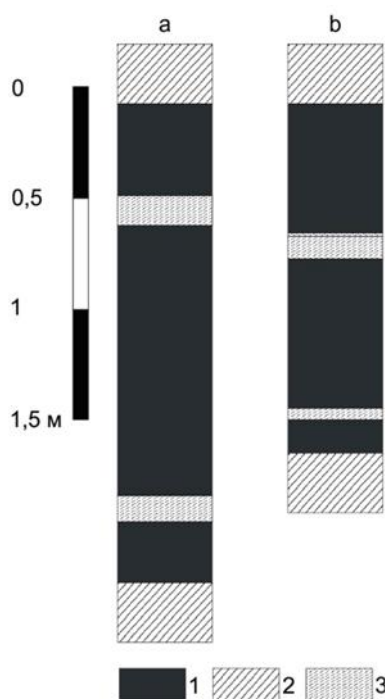


Рис. 1.4. Строение пласта XI. 1 – уголь; 2 – аргиллит; 3 – алевролит (Arbuzov et al., 2019)

Угли в разрезе пласта характеризуются переменной зольностью от малозольных до высокозольных.

Уголь непосредственно под внутрипластовым породным прослоем и над ним имеет близкие характеристики по содержанию основных мацералов и по сумме окисляющих компонентов (Arbuzov et al., 2019). Это указывает на отсутствие влияния изменения геодинамической обстановки внутри бассейна

на накопление данного горизонта. По-видимому, эта особенность отражает не закономерный, катастрофический характер накопления породного прослоя в угольном пласте, обусловленный аэрогенным выпадением минерального вещества из удаленного источника. Наиболее вероятным представляется поступление вулканогенной пирокластики в бассейн угленакопления. Отчасти это подтверждается значительными площадями распространения данного горизонта при сравнительно малой, но довольно выдержанной мощности от 6 до 15 см, редко более.

2 МИНУСИНСКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАССЕЙН

2.1 Географо-экономическая характеристика района

Минусинский каменноугольный бассейн расположен в южной части Центрально-Сибирского региона (Угольная база..., 2002). В геологическом плане бассейн приурочен к межгорному Минусинскому прогибу, который представляет собой синклинорную структуру, вытянутую вдоль речных систем Енисея и Чулыма и ограничен горными сооружениями с востока Восточным Саяном, с запада – Кузнецким Алатау и на юге – Западным Саяном (рис. 2.1-2.2).

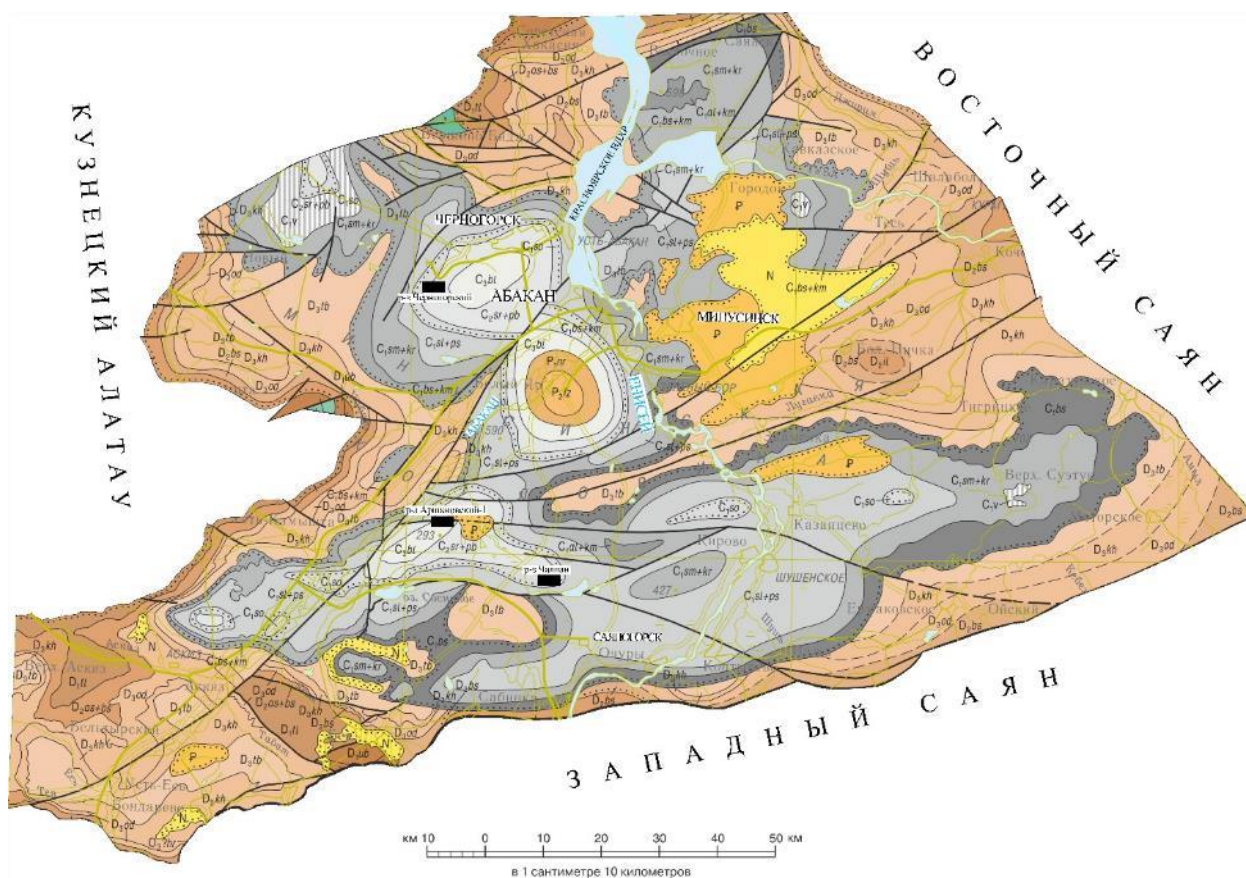


Рис. 2.1. Геологическая карта Минусинского угольного бассейна (по [Государственная геологическая...] с дополнениями автора)

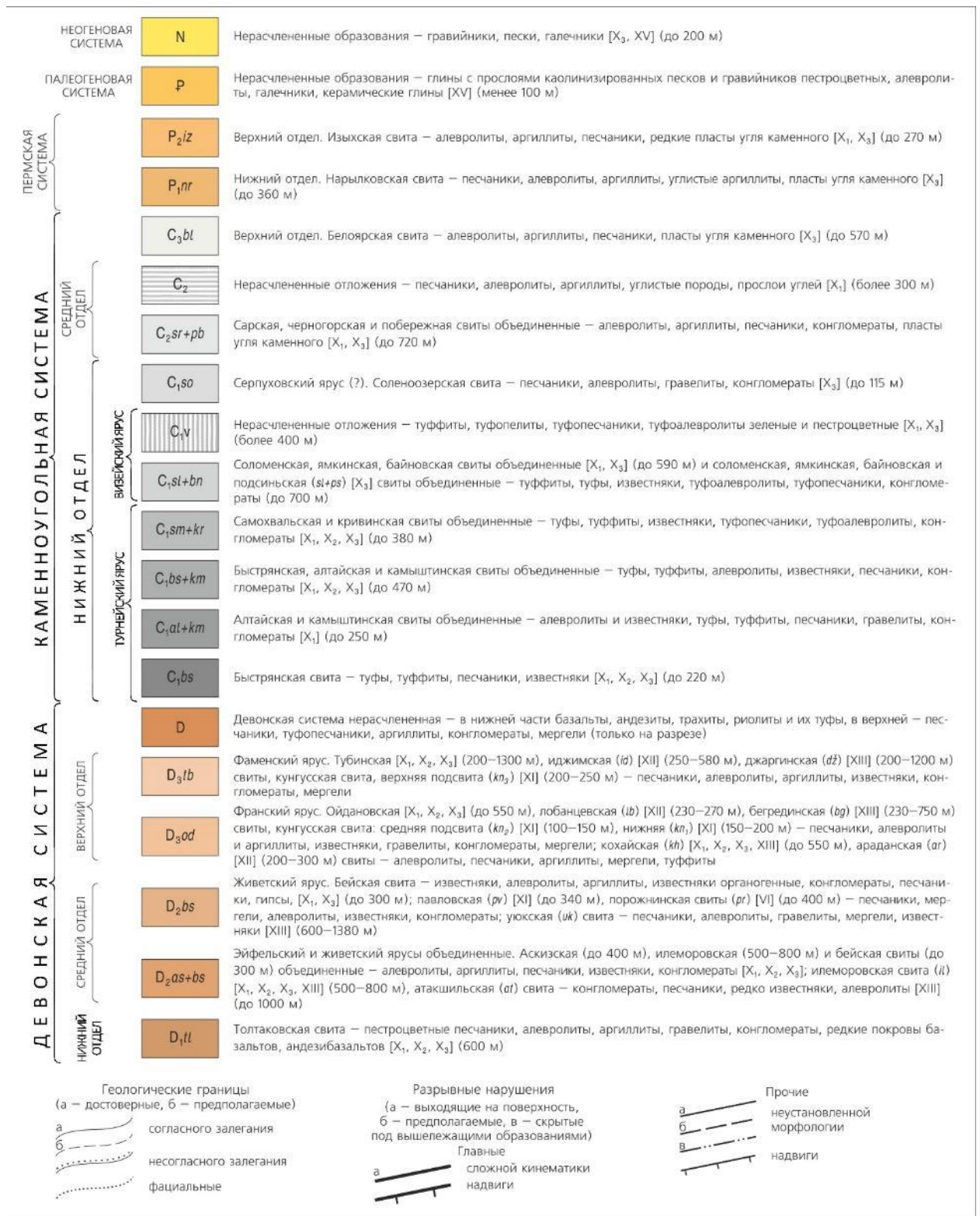


Рис. 2.2. Условные обозначения к рисунку 2.1 (Гос. геол. карта, 2008)

Приенисейская левобережная часть бассейна, где находятся основные промышленные месторождения, находятся в Республике Хакасия, а также она охватывает часть Красноярского края (Минусинский, Ермаковский, Шушенский, Краснотуранский, Курагинский и Каратунский районы).

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.

Промышленные месторождения каменных углей сосредоточены в Южно-Минусинской впадине. Общая площадь бассейна по внешнему контуру наддевонской части разреза составляет 8100 км², а площадь распространения собственно угленосных образований – 1100 км². Продуктивная толща сложена нижнекаменноугольными (серпуховскими) – верхнеперскими отложениями.

Рельеф Южно-Минусинской впадины преимущественно равнинный, осложненный одиночными холмами и куэстовыми грядами. Левобережье р.Енисей представляет собой равнинную местность, на юге которой протягивается низинно-пустынная Кайбальская степь. Правобережная часть впадины более возвышена и в краевых частях рельеф переходит в полугорный.

2.2 История геологической изученности

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 в 1907 году Черногорского и в 1912 году Аскизского месторождений, и началось систематическое изучение угленосных отложений В.А. Обручевым, А.Н. Чураковым, М.Л. Усовым, Я.С. Эдельштейном и др. (Угольна база..., 2002).

Первая геологическая съемка масштаба 1 : 200 000 на территории Южно-Минусинской впадины началась в 1926 г. под руководством Г.А. Иванова, в результате, который 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 года 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 гг. эти работы были ориентированы на подготовку участков под открытую разработку углей.

2.3 Геологическое строение Изыхского месторождения

Район месторождения является наиболее заселенной частью Республики (Угольная база..., 2002). На его площади расположены пос. Белый Яр и Изыхские копи, в 15 км к северу находится республиканский центр г. Абакан, в 27 км к северо-западу – г. Черногорск, в 25 км к северо-востоку – г. Минусинск и ряд других населенных пунктов.

Месторождение расположено в приустьевой части р. Абакан (приток р.Енисей) и занимает площадь 415 км². Административно его территория входит в состав Алтайского района Республики Хакасия. В геоморфологическом отношении месторождение делится на две примерно равные части: северо-западную, занятую поймой и надпойменной террасой р.Абакан, представляющую степную равнину и юго-восточную с холмистым

рельефом (водораздел реки Абакан и Енисея). Месторождение оконтуривается в виде в виде подковы цепочкой высоких холмов, сложенных песчаниками и известняками, подстилающими продуктивную толщу (рис.2.1).

В Изыхской мульде вскрывается полный (1800 м) разрез продуктивной толщи от соленоозерской до изыхской свит включительно. Отложения сложены алевролитами, песчаниками, аргиллитами, углями.

Соленоозерская свита (C_{1so}) – комплекс пород свиты залегает трансгрессивно на отложениях подсиньской свиты. Нижняя половина разреза представлена ритмично чередующимися конгломератами, гравелитами на песчанистом цементе, маломощными прослоями песчанистых и углистых алевролитов. В составе гальки (1-2,5 см) преобладают кварц, кремнистые породы, реже эффузивы разного состава и туффиты. Верхняя половина разреза сложена зеленовато- и табачно-серыми алевролитами с прослоями песчаников, 6-7 пластами и пропластами углей мощностью 0,1-0,8 м. На изолированных небольших участках единичные пласты достигают рабочей мощности (до 3,0 м), но не имеют промышленного значения из-за невыдержанности на площади и высокой зольности. Мощность отложений 110-120 м.

Сарская свита (C_{1-2sr}) – нижняя граница проводится по подошве мощной пачки песчаников с линзами гравелитов и конгломератов, верхняя – по кровле пласта «Никольского». Сарские отложения повсеместно залегают на соленоозерском комплексе пород. Нижняя половина разреза (100 м) представлена песчаниками, с прослоями и линзами конгломератов, гравелитов, алевролитов, пропластками и невыдержанными пластами углей мощностью 0,1-0,3 м. Верхняя половина разреза (70-80 м) сложена песчанистыми алевролитами с прослоями песчаников, иногда содержащих линзы гравелитов, конгломератов; отмечаются прослои до 0,5 м листоватых аргиллитов и тонкие пласты и пропластки углей мощностью от 0,1-0,3 до 0,6-0,8 м, а также конкреционные прослои и конкреции сидеритового

состава. Общее количество угольных пластов и пропластков, преобладающих в верхней части разреза – 15-18. Мощность отложений 10-200 м.

Черногорская свита ($C_2\check{c}r$) – сложена серыми, темно-серыми алевролитами, песчанистыми алевролитами, с прослоями песчаников, линзами конгломератов, гравелитов, с многочисленными конкрециями сидерита, пластами и пропластками углей. Свита расчленена на две подсвиты с границей по кровле пласта 0. В основании разреза прослеживается выдержанный горизонт песчаников с линзами конгломератов. В нижней подсвите содержится больше прослоев песчаников, гравелитов, конгломератов и значительно меньше (10-12) угольных пластов и пропластков, по сравнению с верхней подсвитой. Мощность угольных пластов и пропластков изменяется от 0,1-0,3 до 1,35-2,5 м, в них отмечаются прослои до 5 см тонштейнов (туфов). Мощность подсвиты 110-120 м. Верхняя подсвита имеет самую высокую угленасыщенность продуктивного разреза на месторождении, но не высокую суммарную мощность угольных пластов. Содержит 20-25 угольных пластов и пропластков мощностью до 3,5-7,0 м. Отложения представлены алевролитами с прослоями углистых алевролитов и аргиллитов, темно-серыми песчаниками. Мощность подсвиты 170-180 м, суммарная мощность отложений свиты 260-290 м.

Побережная свита (C_2pb) – нижняя граница проводится по кровле пласта VII, в основании – пачки черных аргиллитов, перекрывающих этот угольный пласт, верхняя – по почве пласта VIII или его спутника VIII¹, в основании маломощной (3-5 м) пачки песчаников. Первые прослои черных листоватых аргиллитов бассейновых фаций появляются выше угольного пласта VI. В составе отложений преобладают темно-серые слюдистые алевролиты, черные хлорит-гидросланцистые аргиллиты, содержащие прослои олигомиктово-кварцевых песчаников с гидросланцисто-карбонатно-хлоритовым цементом, иногда отмечаются маломощные прослои зеленовато-серых алевролитов, содержащие тонкие пропластки углей или углистых

аргиллитов и крупные (0,7-1,0 м) уплощенные конкреции сидерита с раковинами двустворок. Мощность отложений 75-85 м.

Белоярская свита (C₃bl) – связана постепенными переходами с бережными отложениями. Разрез начинается мощной пачкой (до 30 м) зеленовато-серых алевролитов, содержащих угольный пласт VIII или его спутник VIII¹. Верхняя граница условная, проводится по почве пласта XXI. В нижней и верхней трети разреза преобладают тонкообломочные литофации, в средней – песчаники. Свита подразделяется на две подсвиты, с условной границей выше пласта XVII. Нижнебелоярская подсвита сложена темно-серыми, зеленовато-серыми, голубоватыми аркозово-кварцевыми алевролитами с хлорит-карбонатно-слюдистым цементом, которые содержат маломощные пачки и прослои светло-серых, с зеленоватым оттенком песчаников олигомиктово- и арказово-кварцевых, редко полевошпат-граувакковых с гидрослюдистым и карбонатным цементом, черных хлорит-гидрослюдистых и углистых аргиллитов, многочисленные конкреции сидерита и бурого железняка. Мощность отложений 320 м. Верхнебелоярская подсвита сложена мощными пачками песчаников, содержащих линзы конгломератов или рассеянную гальку, которые чередуются с пачками алевролитов. Для нее характерно уменьшение известковистости пород и наличие мощных выдержанных угольных пластов XVIII, XIX, XX со спутниками. Мощность подсвиты 210-220 м, общая мощность отложений свиты 520-530 м.

Нарылковская свита (P₁nr) – сложена алевролитами, песчаниками, углистыми аргиллитами, пластами и пропластками углей (до 13 %), отмечаются линзы и прослои гравелитов и конгломератов, известняков и пепловых туфов, приуроченных к нижним горизонтам свиты. Характерная особенность – преобладание тонкообломочных пород с мощными угольными пластами в нижней и верхней трети разреза и мощных пачек песчаников в средней части. Нижняя треть разреза выделена в нижненарылковскую подсвиту с границей по почве угольного пласта XXI. Она достаточно

условна, так как нижненарылковские угленосные отложения завершают белоярский этап углеобразования, и граница между нарылковскими и белоярскими комплексами пород постепенная, проводится в монотонной пачке алевролитов по смене растительных комплексов. Это наиболее угленасыщенная часть нижнепермского разреза, представленная алевролитами, углистыми алевролитами и аргиллитами, содержащими группу сближенных угольных пластов XXI и XXII, со спутниками XXII^a и XXII^b, которые могут сливаться на отдельных участках. Выше прослеживается группа тонких угольных пластов XXII^г-XXII^ж, завершает разрез сложный угольный комплекс, который содержит один из наиболее мощных и устойчивых пластов – XXIII, имеющий спутник – XXIII^a и серию расщепляющихся пластов XXIV-XXIV^г. Угольный пласт XXIV генетически размыт на значительной площади. Мощность отложений 170-180 м. Граница с верхненарылковской подсвитой проводится по подошве мощной пачки песчаников, перекрывающих с размывом угольный пласт XXIV или его спутники. Верхненарылковская подсвита представлена в нижней половине разреза мощными пачками (до 40-60 м) песчаников, в которых отмечается примесь каолинита, чередующихся с маломощными пачками алевролитов. Верхняя половина подсвиты сложена тонкообломочным комплексом пород – алевролитами, линзами известняков и пластами углей. Завершает разрез мощный выдержанный пласт XXVIII. Мощность подсвиты 240 м, общая мощность отложений свиты 520-530 м.

Изыхская свита (P_{2iz}) – нижняя граница проводится в основании междупластия (30-40 м), разделяющего пласты XXVIII и XXIX. Нижняя половина свиты сложена мощной (140-150 м) безугольной пачкой, в которой отмечаются только единичные тонкие угольные пласты (XXIX) и пропластки, распространенные на ограниченной площади. Безугольная пачка залегает трансгрессивно на отложенных верхненарылковской подсвиты. В 30-35 м от ее основания отмечается перерыв в объеме двух биостратиграфических горизонтов. Безугольная пачка сложена темно-серыми

алевролитами и песчанистыми алевролитами, которые содержат в нижней части разреза маломощные прослой светло-серых полевошпат-граувакковых и граувакково-кварцевых песчаников с гидрослюдисто-карбонатным и карбонатным цементом с примесью каолинита. Вверх по разрезу количество и мощности песчаниковых пачек увеличиваются. Верхняя половина свиты (100-110м) сложена тонкообломочными породами: темно-серыми полимиктовыми алевролитами с прослоями зеленоватых и желтоватых карбонатно-гидрослюдистых аргиллитов, мелкозернистых песчаников и мощными пластами углей (XXX и XXXI). Общая мощность отложений 250-260 м.

Продуктивные отложения перекрываются покрывными рыхлыми четвертичными отложениями мощностью 10-15 м, на отдельных участках – до 20-30 м, представленными делювиально-аллювиальными образованиями, аллювием речных террас, четвертичными супесями, суглинками (1,5-2,5 м), перекрывающими на отдельных площадях глины кирпично-красные и желтовато-серые (каолинитовые). Глины являются корами выветривания по аргиллитам угленосной толщи и выполняют неровности палеорельефа. Мощность глин 1-10 м, в отдельных впадинах может достигать 50 м.

2.4 Угленосность Изыхского месторождения

В разрезе продуктивной толщи насчитывается до 85 угольных пластов и пропластков суммарной мощностью до 100 м, из них 18-25 рабочих с общей полезной мощностью 60-75 м (Угольная база..., 2002).

Угольные пласты распределены по разрезу неравномерно. Наиболее угленасыщенными являются отложения восточной части Изыхской мульды. Основные запасы месторождения сосредоточены в белоярской, нарылковской и изыхской свитах.

Угольные пласты малой и средней мощности преимущественно простого строения, хотя отмечаются и пласты простого строения с мощностью до 10 м и более. Мощные пласты сложного строения обычно

сложены 2-3, реже 4-5 угольными пачками, разделенными породными прослоями мощностью в среднем 0,1-0,5 м.

Общие кондиционные геологические ресурсы месторождения оцениваются в 10 530 млн. т (все для открытых работ). Из общего количества балансовых запасов промышленностью освоено 2,4 %.

2.5 Характеристика объекта исследования

Минусинский угольный бассейн расположен в одноименной котловине, окруженной среднегорными сооружениями Кузнецкого Алатау на западе, Западного Саяна – на юге и юго-востоке и Восточного Саяна – на востоке (Угольная база..., 2003). Угленосная формация бассейна включает отложения от нижнего карбона до верхней перми включительно (рис. 2.3).

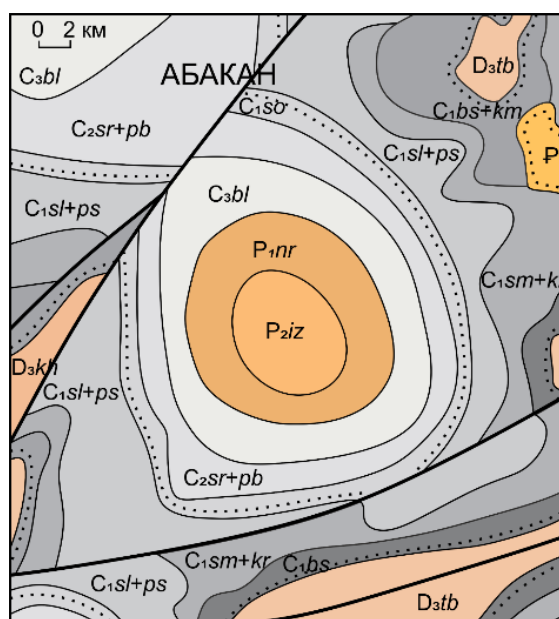


Рис. 2.3. Фрагмент геологической карты Минусинского бассейна
Изыхское месторождение (условные обозначения см. рис. 2.2)

Объектом исследования послужил пласт XXX изыхской свиты Минусинского бассейна, который сохранился от эрозии лишь в центральной части Изыхского каменноугольного месторождения. Пласт XXX имеет сложное строение, состоит из 5-7 угольных пачек мощностью от 0,1 до 6,5 м, разделенных породными прослоями, представленными темно-серыми полимиктовыми алевролитами с прослоями зеленоватых и желтоватых

карбонатно-гидрослюдистых аргиллитов, мелкозернистых песчаников (рис.2.4).



Рис. 2.4. Строение пласта XXX Изыкского месторождения

Для углей XXX группы пластов характерна неоднородность состава, обусловленная переслаиванием полублестящих, матовых и полуматовых углей, причем последние пользуются наибольшим распространением.

Угли в разрезе пласта характеризуются переменной зольностью от малозольных до высокозольных.

Угли стариграфически характеризуются близкими значениями показателя отражения витринита. Это, очевидно, обусловлено не столько факторами метамофизма, сколько общими генетическими различиями углей и, в частности, влиянием среды их формирования.

Петрографический состав, особенности строения и распределения микрокомпонентов позволяют предположить, что торфонакопление происходило в условиях относительно низкой обводненности и в основном при спокойном режиме. Способ накопления исходного материала преимущественно автохтонный. Угли склонны к самовозгоранию.

3 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование угольных месторождений начинается с опробования угольных пластов, потом идет пробоподготовка, затем лабораторно-аналитическое исследование, и завершается исследование обработкой и интерпретацией результатов.

Исходным материалом для исследований послужили пробы углей и вмещающих пород, отобранные в период с 2018 по 2019 года на действующих угольных предприятиях Минусинского и Кузнецкого бассейнов.

Всего было отобрано 113 проб угля и углевмещающих пород по двум угольным бассейнам. В том числе 77 проб было отобрано в Кузнецком бассейне (разрез Распадский – 34 пробы, разрез Томусинский – 12 проб и разрез Бачатский – 31 проба). 36 проб отобрано из Изыхского месторождения (разрез Изыхский) в Минусинском угольном бассейне.

В ходе исследования углей и вмещающих пород Минусинского и Кузнецкого бассейнов был детально изучен элементный состав угольных пластов, построены графики распределения химических элементов и установлены формы нахождения редких элементов в углях.

3.1 Опробование угленосных отложений

Массовое опробование доступных для исследования угольных пластов и углевмещающих пород на угольных разрезах проводилось с помощью бороздового способа (ССН. Опробование ТПИ, 1992).

Опробование XXX пласта Минусинского бассейна и XI пласта Кузнецкого бассейна выполнялось по сечениям вкрест простирания угольных пластов по направлению от кровли к почве или наоборот. Избирательно опробовались кровля и подошва пластов, неугольные породные прослои.

Пробы углей отбирались в зависимости от мощности пласта методом сплошной борозды. В отдельных сечениях выполнялась детализация разреза

с интервалом отбора проб 0,5–10 см. Длина борозды определялась наличием разнородных угольных пачек, прослоями неугольных пород, наличием зон повышенной трещиноватости, зон окисления, т.е. зон возможных геохимических барьеров (рис. 3.1).

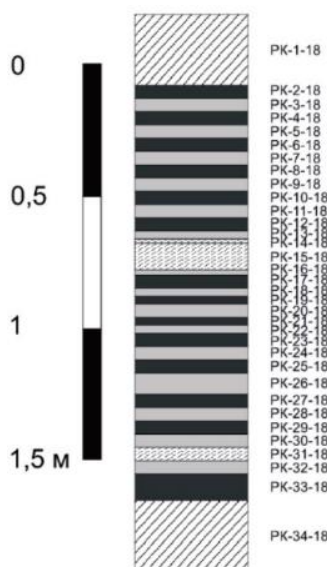


Рис. 3.1. Схема опробования пласта XI, разрез Распадский

Таким образом, по Минусинскому угольному бассейну отобрано 36 проб из пласта XXX (Изыхский разрез) – из них 29 проб угля и 7 проб углевмещающих пород. По Кузбассу отобрано 77 проб, в том числе пласт XI (разрез Распадский) – 31 проба угля и 3 пробы углевмещающих пород; пласт VI (разрез Томусинский) – 10 проб угля и 2 пробы углевмещающих пород; пласт Горелый (разрез Бачатский) – 28 проб угля и 3 пробы углевмещающих пород.

3.2 Лабораторно-аналитические исследования

3.2.1 Пробоподготовка

Пробоподготовка включала в себя: дробление, квартование и истирание проб для аналитических навесок. Дробление выполнялось на щековой дробилке, истирание – на виброистирателе. Рабочее место оснащено системой вентиляции (рис. 3.2).

Для определения зольности пробы истирались до 0,2 мм, для остальных видов анализов – до 0,074 мм.



Рис. 3.2. Виброистиратель

3.2.2 Инструментальный нейтронно-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).

Инструментальный нейтронно-активационный анализ является высокочувствительным видом анализа и эффективен для определения редких, редкоземельных и радиоактивных элементов. Т.к. химическая пробоподготовка пробы отсутствует, то погрешность привноса и удаления элементов с рактивами минимизируется. Дробить и истирать пробу необходимо для стандартизации процесса при взвешивании и упаковке пробы перед облучением.

Всего ИНАА изучено 113 проб углей и углевмещающих пород.

3.2.3 Метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS)

ICP-MS выполнен в ООО «Химико-аналитический центр «Плазма» (исполнитель Н.В. Федюнина) на установке Agilent 7500сх производства Agilent Technologies, Япония.

Основой метода ICP-MS является масс-спектрометрическое разделение ионов в среде аргоновой индуктивно-связанной плазмы.

Прободготовка подготовка заключается в следующем: исследуемый образец измельчается до состояния пудры. Затем методом квартования отбирается навеска 1-5 г. следующим этапом является отжиг в муфельной печи при температуре 500 °С в течение 2 часов. Данная процедура обеспечивает сохранность элементов-примесей в золе угля.

Для анализа используется навеска 0,1 г, растворенная в смеси фторводородной и азотной кислот. Для ускорения реакции используется микроволновое излучение с предварительной стадией выдерживания при температуре ≈ 70 °С. Далее происходит разложение при температуре 200 °С и мощности 700 Вт. После разложения пробы охлаждаются до комнатной температуры и обмываются 5% раствором азотной кислоты.

Масс-спектрометрия производится в диапазоне масс от 5 до 242 а.е.м. в зависимости от содержания основных элементов используются партии от 5 до 15 образцов, чередуя с эталонным образцом.

Всего исследовано 113 проб углей и углевмещающих пород.

3.2.4 Рентгенофазовый анализ (РФА)

Анализ минерального состава методом рентгенофазового анализа выполнен в МИНОЦ «Урановая геология» при отделении геологии Национального исследовательского Томского политехнического университета на дифрактометре фирмы Bruker «D2 Phaser» (рис. 3.3). Всего изучено 15 образцов углевмещающих пород.



Рис. 3.3. Рентгенофазовый дифрактометр «D2 Phaser» (А)

Данный анализ осуществляется в пять этапов:

1 этап. Ознакомление с устройством. «D2 Phaser» – установка, позволяющая диагностировать структуры вещества при помощи рентгеновских лучей. Этот метод подходит для анализирования твердых веществ, имеющих кристаллическую структуру, которая состоит из атомов, ионов, молекул, комплексов и т.д. Основной принцип работы «D2 Phaser» – это циклическое повторение движений элементарной ячейки в трех (иногда в двух) направлениях, которая отражает всю природу кристаллических структур веществ, их симметрию и элементный состав.

2 этап. Подготовка образцов к исследованиям. Для подготовки проб нужны следующие инструменты и посуда: кювета из кварцевого стекла, ступка, стеклянная пластинка, не заточенный скальпель. Прежде чем начать подготовку проб, весь инвентарь необходимо протереть проспиртованной ватой. Далее проба истирается в ступке до пудры, и истолченным материалом наполняется кювета, важно, чтобы вещество наполняло ее точно до краев и не выходило за границы. Подготовленный образец помещается в прибор на соответствующую приставку.

3 этап. Работа с анализатором «D2 Phaser» и получение дифрактограмм изучаемого материала. Согласно технической документации сначала проверяется исходное состояние всех переключателей и количество

охлаждающей жидкости для рентгеновской трубки. Далее установка включается и прогревается 30 минут.

Затем анализатор настраивают таким образом, чтобы он отвечал требованиям данного исследования, т.е. задаются значения для:

- силы тока и напряжения на рентгеновской трубке;
- мощности рентгеновского излучения и устанавливаются подходящие размеры щелей, диафрагм и фильтров;
- скорости движения детектора.

Все данные отправляются на компьютер, подключенный к прибору.

4 этап. Расшифровка дифрактограмм. Дешифрование дифрактограммы производится с помощью программы EVA согласно инструкции по работе.

5 этап. Анализ полученных результатов. На этом этапе анализируются результаты минерального состава проб, полученные рентгенофазовым методом, по которым составляются сводные таблицы, строятся графики и делаются соответствующие выводы.

Рентгенофазовый анализ относится к экспрессным методам и имеет высокую достоверность (его нижний предел обнаружения равен 1 масс. %), а также является прямым, т.е. исключает косвенное сравнение с эталонными образцами (Ковба Л.М., Трунов В.К., 1976).

3.2.5 Другие методы анализа

Электронная микроскопия проводилась на HITACHI S-3400N с энерго-дисперсионной приставкой (ЭДС) Bruker XFlash 4010 для изучения форм, морфологических особенностей и состава тонкодисперсных минеральных образований. Эти данные служат для определения минералогической принадлежности частиц.

3.3 Обработка информации

Обработка аналитических данных проводилась с использованием программы «Microsoft Excel». При статистической обработке данных проводились корреляционный, дисперсионный, факторный и кластерный

анализы. Для визуализации полученных данных было использовано программное обеспечение «КОМПАС-3D v18».

Выбранный комплекс аналитических методов позволяет с высокой точностью выполнить анализ содержания химических элементов в углях и вмещающих их породах, оценить формы нахождения редких элементов и закономерности их распределения.

Расчет средневзвешенного содержания по формуле 1 с учетом мощности интервалов опробования был произведен для оценки содержания хим. элементов в угольных пластах.

Средневзвешенное содержание определялось по формуле:

$$C_{вз} = \frac{\sum mc}{\sum m}, \quad (1)$$

где mc – измеренное содержание элемента в пробе;

m – мощность интервала опробования.

5 ПРИРОДА РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО Nb-Zr-Ta-Hf-REE ОРУДЕНЕНИЯ В УГЛЯХ

Исследования XI и XXX угольных пластов Кузнецкого и Минусинского угольных бассейнов позволили выявить Nb-Zr-Ta-Hf-REE оруденение. Данное оруденение отчетливо пространственно и генетически привязано к внутриугольным породным прослоям. Это факт подтверждает характер распределения оруденения в пластах, особенности минерального и химического состава руд и самих прослоев.

Редкоземельные элементы принято подразделять на три группы: легкие редкоземельные элементы (LREE: La, Ce, Pr, Nd и Sm), средние REE (MREE: Eu, Gd, Tb, и Dy) и тяжелые REE (HREE: Ho, Er, Tm, Yb и Lu) (Seredin, Dai, 2012). По сравнению с верхней континентальной корой (Taylor, McLennan, 1985) были определены три типа обогащения REE: L-тип ($La_N/Lu_N > 1$), M-тип ($La_N/Sm_N < 1, Gd_N/Lu_N > 1$) и H-тип ($La_N/Lu_N < 1$) (Seredin, Dai, 2012).

Средняя концентрация REE в XI и XXX угольных пластах составляла 76 г/т и 168 г/т, соответственно, что выше, чем средние значения для углей мира (60 г/т (Ketris M.P., Yudovich Y.E., 2009)).

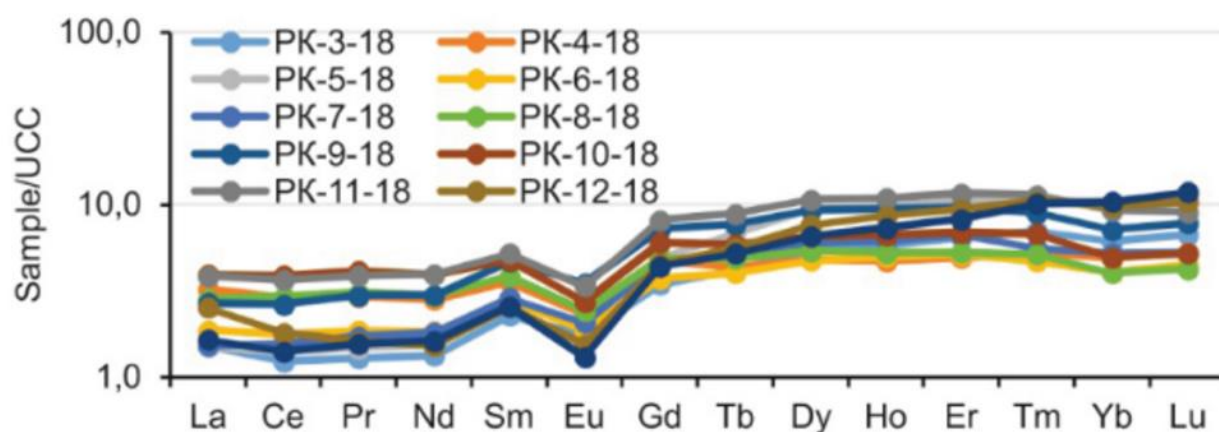


Рис. 5.1. Нормированный график распределения РЗЭ в золе угля верхней пачки пласта XI, Кузнецкий угольный бассейн (Arbuzov et al., 2019)

Нормированные графики REE на кларк верхней континентальной коры показывают, верхняя пачка пласта XI соответствует H-типу распределения

(рис. 5.1). Отчетливо видна европиевая аномалия, которая указывает на значительную роль пород кислого состава при накоплении REE.

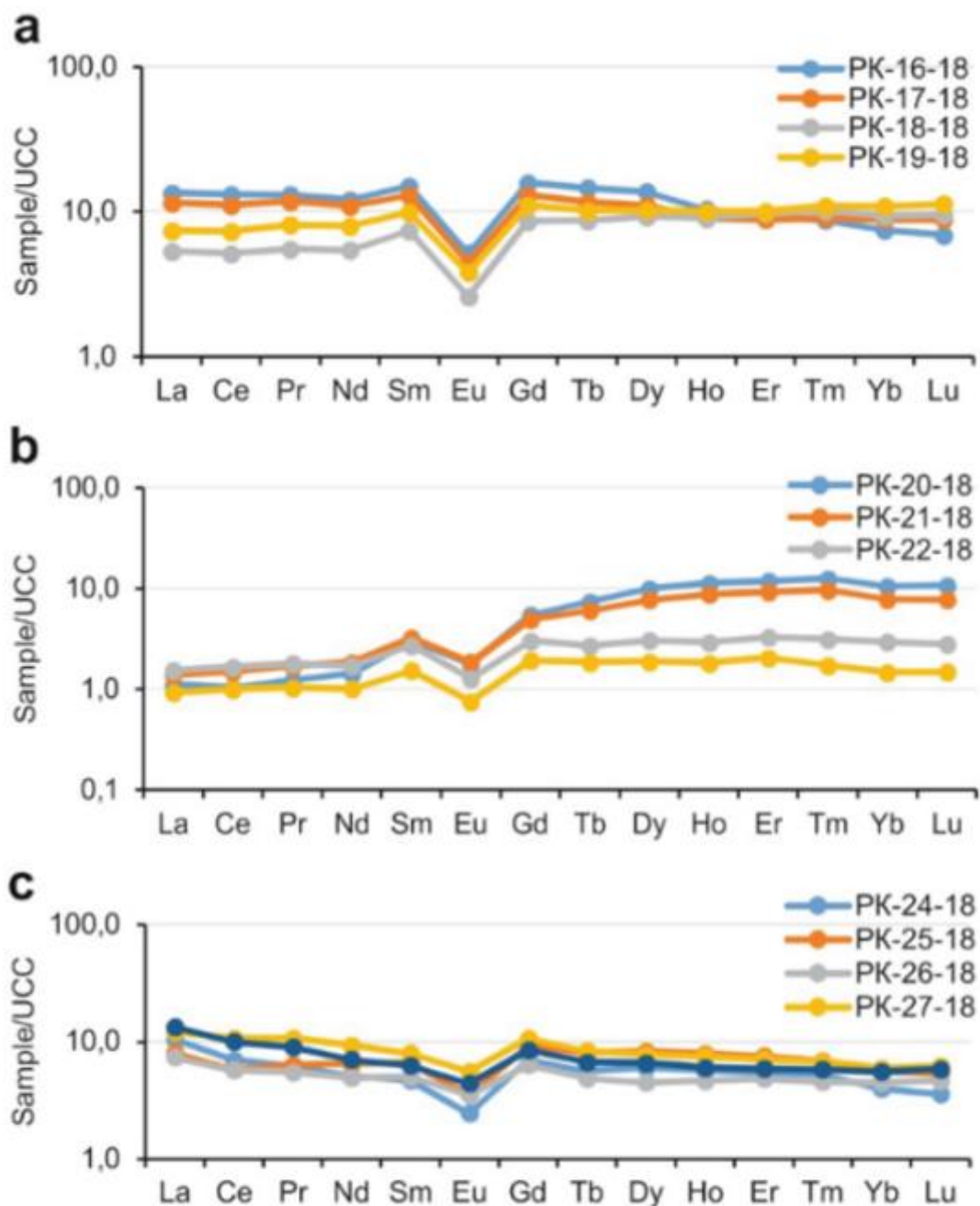


Рис. 5.2. Нормированный график распределения РЗЭ в золе угля нижней пачки пласта XI, Кузнецкий угольный бассейн (Arbuzov et al., 2019)

В нижней пачке XI пласта европиевая аномалия сохранилась, но прослеживается уменьшение ее контрастности непосредственно от породного прослоя к подошве пласта. Нижняя пачка под породным прослоем характеризуется постепенным переходом L-М-типа распределения РЗЭ (рис.5.2a), который сменяется на Н-тип (рис. 5.2b), а затем снова переход на

L-тип (рис. 5.2с). Такой постепенный переход от типа к типу свидетельствует о геохимической зональности, которая обусловлена разной подвижностью легких и тяжелых РЗЭ элементов в водных растворах – это играет важную роль в перераспределении элементов как на стадии торфонакопления, так и на последующих стадиях образования углей.

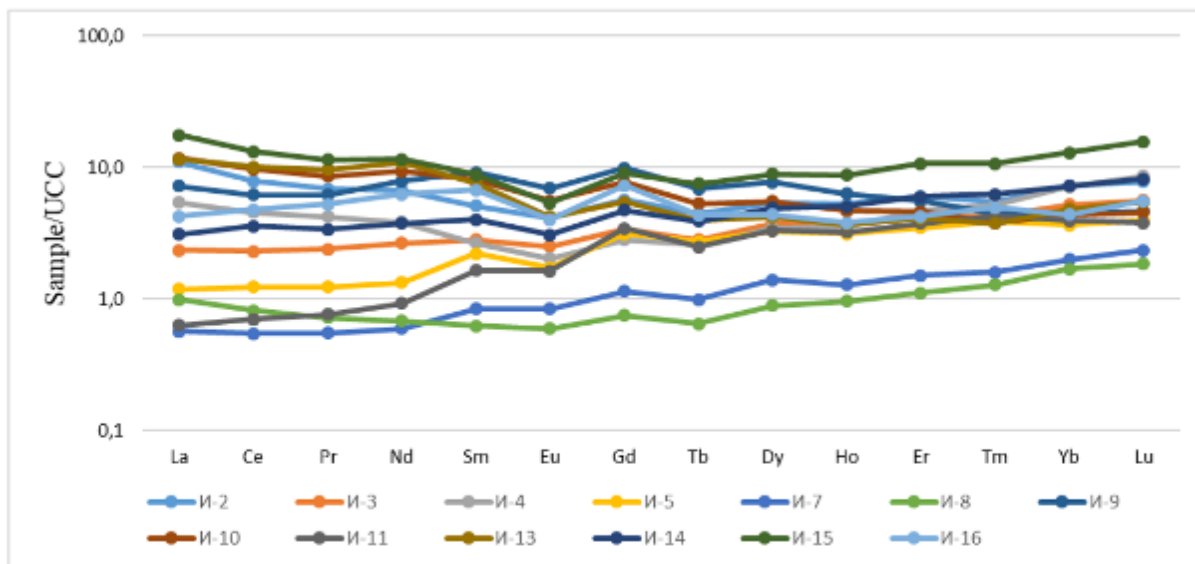


Рис. 5.3. Нормированный график распределения РЗЭ в золе угля верхней пачки пласта XXX, Минусинский угольный бассейн

На графике 5.3 представлено распределение РЗЭ элементов в золе угля пласта XXX которое характеризуется увеличением контрастности европиевой аномалии от кровли пласта к породному прослою (междупластью). Распределение РЗЭ в верхней пачке пласта характеризуется N-типом, на смену которому приходит M-L-тип.

Нижняя пачка XXX пласта соответствует M-типу распределения РЗЭ. Европиевая аномалия выражена более контрастно по сравнению с верхней пачкой (рис. 5.4). Это позволяет сделать вывод о том, что накопление редкоземельных элементов под породным прослоем (междупластьем) происходило за счет пород кислого состава.

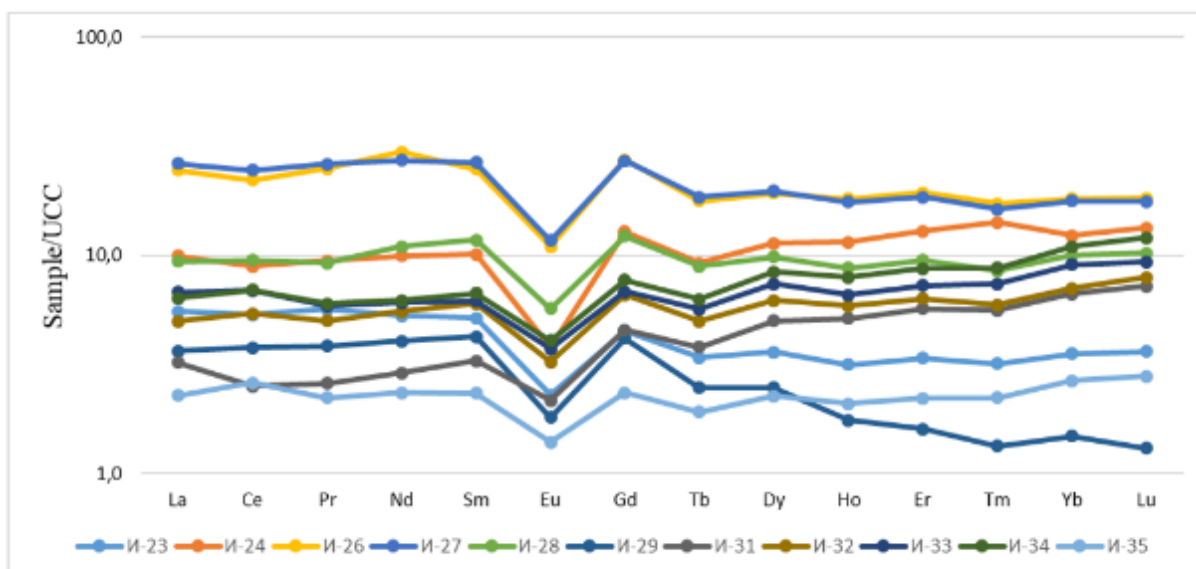


Рис. 5.4. Нормированный график распределения РЗЭ в золе угля нижней пачки пласта XXX, Минусинский угольный бассейн

Исходя из нормированных графиков распределения редкоземельных элементов, можно сделать вывод, что XI пласт в Кузбассе по геохимическим особенностям близок к верхней пачке пласта XXX Минусинского бассейна. Вероятно, оба они сформировались под воздействием однотипной и, возможно, одновозрастной вулканогенной пирокластики.

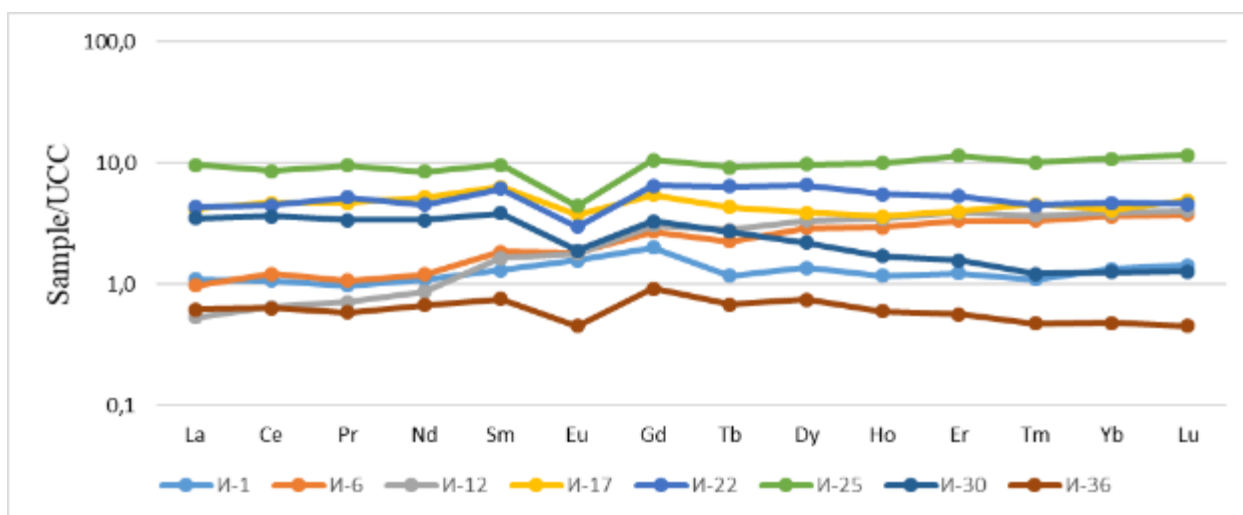


Рис. 5.5. Нормированный график распределения РЗЭ углевмещающих пород и тонштейнов пласта XXX, Минусинский угольный бассейн

Нормированные графики на кларк для верхней континентальной коры в тонштейнах пласта XXX, в углях и во вмещающих породах существенно отличаются. По контрастной европейской аномалии устанавливается связь

накопления редкоземельных элементов в углях с тонштейнами, а также с породами кислого состава и отсутствие таковой с породами кровли и подошвы пласта (рис. 5.5).

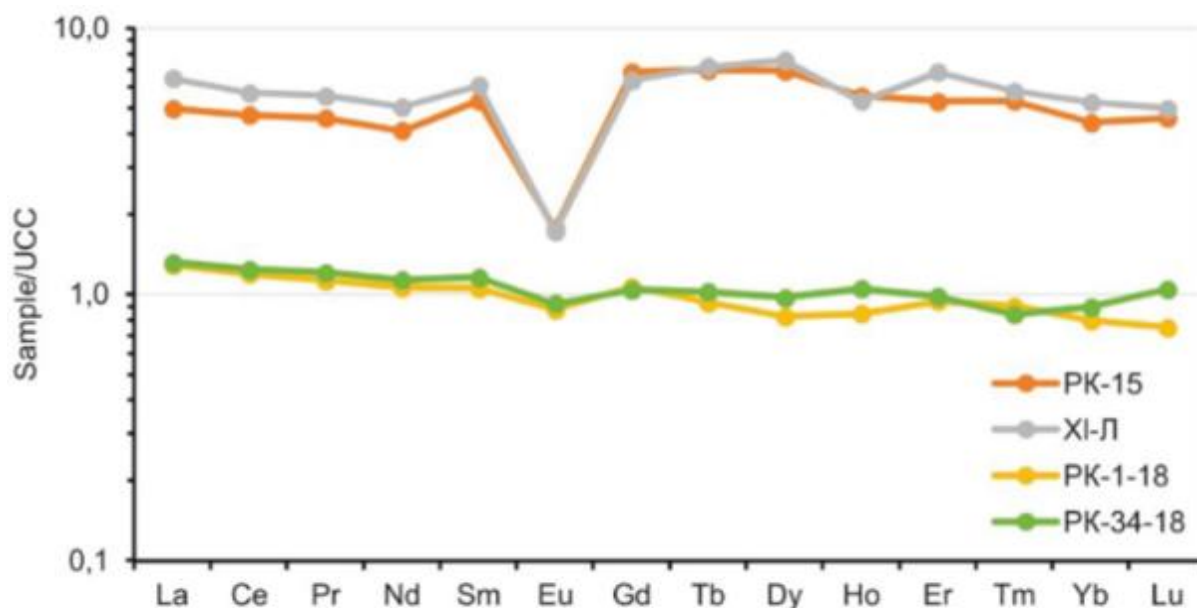


Рис. 5.6. Нормированный график распределения РЗЭ в породном прослое пласта XI и углевмещающих породах, Кузнецкий угольный бассейн (Arbuzov et al., 2019)

Более отчетливая картина представлена для XI пласта Кузнецкого бассейна (рис. 5.6). Такая активная роль породного прослоя в обогащении угольного пласта группой редких металлов предполагает специфический первичный его состав.

По своим геохимическим характеристикам рассматриваемые породные горизонты внутри XI и XXX угольных пластов существенно отличаются от углевмещающих пород. На первый взгляд может показаться, что породные прослои – это специфическая терригенная порода. Специфика их может быть объяснена особенностями состава пород области питания бассейна угленакопления (Середин В.В., 1994; Арбузов С.И. и др., 2000).

Но, как показали исследования, эти породные прослои сравнительно малой мощности (3-15 см) в угольных пластах аномально обогащены Zr, Hf, Ta, Nb и некоторыми другими элементами. Концентрации отдельных элементов превышают минимально промышленные значения.

Такие аномальные концентрации изучаемого спектра элементов при осадочном процессе возможно только в процессе россыпеобразования. Стоит заметить, что россыпеобразование не характерно для процесса углеобразования (Юдович Я.Э., Кетрис М.П., 2002). Также хочется отметить, что при достаточно малой мощности металлоносные горизонты имеют большую площадную распространенность.

Формирование таких маломощных горизонтов на значительной площади при отсутствии ясно выраженной стратификации возможно только в результате катастрофического явления, а именно однократного мощного извержения вулкана. Этот факт подтверждается отсутствием в породных горизонтах алевролитовой и тонкой песчаной размерности.

Другой важной особенностью является значительное обогащение, изучаемым спектром элементов, на контакте с породными прослоями. Это говорит о том, что происходило перераспределение элементов в процессе углеобразования при помощи водных растворов.

Аномальные концентрации Zr, Hf, Ta, Nb типичны для пород щелочного ряда. Этот спектр элементов описан в щелочных вулканогенных тонштейнах Китая (Zhou et al., 2000; Dai et al., 2014, 2017) и в пепловых горизонтах вне пределов угольных месторождений (Dai et al., 2010). Абсолютные значения концентраций этих элементов в породных горизонтах, исследуемых угольных пластов, не полностью соответствуют их содержанию в исходной породе в связи с выносом (выщелачиванием) за пределы угольного пласта и значительным перераспределением элементов в процессе углефикации.

Исходный состав, из которого сформировались прослои, подвергся значительным преобразованиям. Согласно исследованиям Д.А. Спирса при преобразовании пеплового материала в тонштейн, происходит потеря Si, Na и K (Spears, 2012). Для реставрации состава исходного вещества используется комплекс методов основанных на соотношении инертных элементов, таких как Ti, Nb, Zr, Y.

Существует несколько методов восстановления исходного состава вулканогенной пирокластики, тонштейнов. Одним из них является классификационная диаграмма Винчестера и Флойда, а также титановый модуль (TiO_2/Al_2O_3) (Winchester, Floyd, 1977; Spears, 1979). Исследования по этим методам показали, что тонштейны XI и XXX пластов сформировались из пирокластики кислого состава щелочного ряда (Arbuzov et al., 2019; Вергунов А.В., 2019). На диаграмме Винчестера-Флойда видно, что породные прослои обоих пластов располагаются в поле комендитов-пантеллеритов – вулканогенная порода кислого состава щелочного ряда.

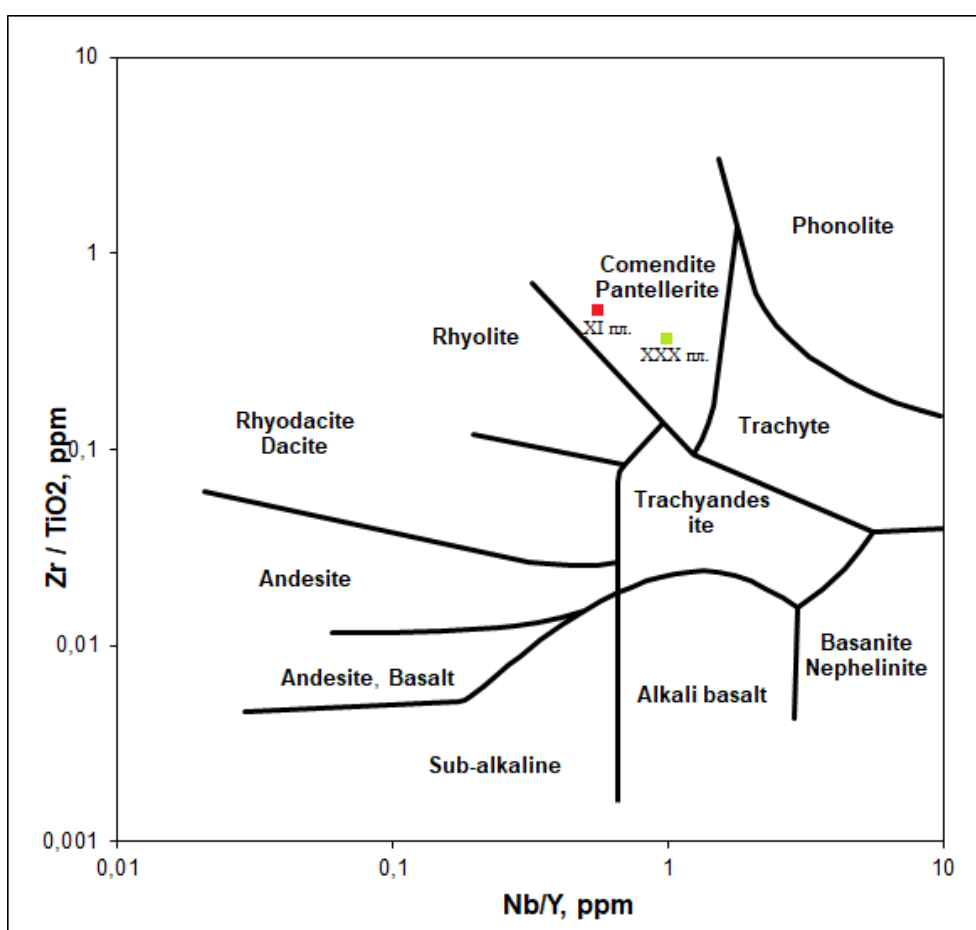


Рис. 5.7. Положение пирокластических горизонтов пласта XI и пласта XXX на диаграмме Винчестера-Флойда (1977)

Это доказывает, что эти два пласта могут вмещать пирокластику одного и того же катастрофического извержения и, следовательно, одновозрастны. Наличие таких прослоев позволяет использовать их для межбассейновой корреляции угленосных отложений.

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

6.1 Технико-экономическое обоснование продолжительности и объема лабораторных работ

Целью настоящей работы является изучение природы редкометалльного Nb-Zr-Ta-Hf-PЗЭ оруденения в углях Кузбасса и Минусинского бассейна.

Для достижения поставленной цели были проведены: опробование, пробоподготовка, лабораторно-аналитические исследования, обработка и интерпретация результатов. Полученные данные помогут установить природу редкометалльного Nb-Zr-Ta-Hf-PЗЭ оруденения в углях Кузбасса и Минусинского бассейна.

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).

В данном разделе будут рассмотрены затраты времени и труда на пробоподготовку, лабораторно-аналитические исследования, обработку и интерпретацию результатов (табл. 6.1). А также представлен общий расчет сметной стоимости.

Таблица 6.1. Виды и объемы проектируемых работ

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол-во		
1	Лабораторные работы	проба	113/113	пробоподготовка материала	-
		проба	113/113	Определение 28 химических элементов	Исследовательский ядерный реактор
		проба	113/113	Определение 61 химического элемента	ICP-MS
		проба	15/113	Рентгенофазовый анализ (РФА)	Рентгенофазовый дифрактометр «D2 Phaser»
2	Камеральные работы			Обработка данных, анализ материала	ПЭВМ

Лабораторные работы. Лабораторно-аналитические исследования проводились с применением комплекса современных методов анализа в аккредитованных лабораториях Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» на базе отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

- Ядерно-геохимическая лаборатория. Аналитики: А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская (метод ИНАА). Подготовка проб для ИНАА заключается в изготовлении пакетиков из фольги размером 40*40 мм и упаковке 100 мг вещества в пакетики. Всего было проанализировано 113 проб угля и углевмещающих пород.

- ООО «Химико-аналитический центр «Плазма», г. Томск. Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) выполнен на установке Agilent 7500сх производства Agilent Technologies, Япония. Данный вид анализа был выполнен сотрудниками лаборатории.

- Лаборатория микроэлементного анализа. Исходный состав вмещающих уголь пород определялся рентгенофазовым анализом на дифрактометр «D2 Phaser». Было изучено 15 проб.

Камеральные работы. Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об изучаемой территории; изучение природы редкометалльного Nb-Zr-Ta-Hf-PЗЭ оруденения в углях Кузбасса и Минусинского бассейна.; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.

6.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда использовались нормы, изложенные в ССН-93 выпуск 2 «Геолого-экологические работы». Из этого справочника взяты следующие данные:

- ✓ норма времени, выраженная на единицу продукции;
- ✓ коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N = Q \times H_{BP} \times K, \quad (1),$$

где N – затраты времени, (смена);

Q – объем работ, (смена);

H_{BP} – норма времени из справочника сметных норм (смена);

K – коэффициент за ненормализованные условия.

Все работы были выполнены геологом и рабочим. Используя технический план, в котором указаны все виды работ, определялись затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах (табл. 6.2).

Таблица 6.2. Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времени по ССН (Нвр)	Документ	Итого времени на объем (N), смена
		Ед. изм	Кол-во (Q)			
1	Пробоподготовка для ИНАА	проба	113	За 1 смену 15 проб		7,5
2	Исследование на дифрактометре	проба	15	2,47	ССН-92, вып. 7, табл. 9.2	37,1
Итого на лабораторные работы						44,6
3	Предварительное изучение результатов анализов проб	элементо-определения	113	0,17	ССН-92, вып. 2, табл. 60	19,21
4	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	Составление карт, графиков, диаграмм, таблиц	113	5,36	ССН-92, вып. 2, табл. 61	605,68
Итого на камеральные работы						670
Итого						84 смены

В соответствии с 8 часовой рабочей сменой в месяце 25 смен, таким образом, все работы займут 3,4 месяца.

6.3 Нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для лабораторных и камеральных работ также определялись согласно ССН-92, выпуск 3, а также инструкциям и методическим рекомендациям (табл. 6.3).

Таблица 6.3. Нормы расхода материалов на проведение работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	ССН	Сумма, руб.
Лабораторные работы					
Фольга алюминиевая 10 м × 30 см	шт	23	0,082		1,8
Вата стерильная хирургическая	кг	148	0,6	ССН, вып. 7а, табл. 5, пункт 4	88,8
Пинцет медицинский	шт	48	1		48,00
Итого:					138,6
Камеральные работы					
Бумага офисная	пачка (100 л)	165	0,05	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 2	7,9
Карандаш простой	шт	3	2,5	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 7	7,5
Резинка ученическая	шт	6	0,94	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 16	5,6
Линейка чертежная	шт	25	0,24	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 13	5,88
Ручка шариковая (без стержня)	шт	12	0,94	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 19	11,3
Стержень для ручки шариковой	шт	12	2,8	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 22	28
Итого:					66,18
Итого:					202,98

В соответствии с таблицей расход материалов на проведение данных работ составил 202,98 руб.

Таблица 6.4. Перечень лабораторных работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Рентгенофазовый анализ	проба	2 500	15	37 500
Инструментальный нейтронно-активационный анализ	проба	3 800	113	429 400
ICP-MS	проба	3 000	113	339 000
Итого				805 900

На основании расценок на микроэлементные анализы на 2019-2020 год сумма затрат на лабораторные исследования проб угля и углевмещающих пород составила 805 900 рублей.

6.4 Общий расчет сметной стоимости работ

Расчет затрат на возмещение износа основных средств используемых при выполнении работ, приведен в таблице 5.

$$A = \frac{\text{ОПФ}_n * N_a}{100},$$

2)

где ОПФ_n – первоначальная стоимость основных фондов, руб.;

N_a – норма амортизации, %.

Таблица 6.5. Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Кол-во	Балансовая стоимость, руб.	Годовая норма амортизации, %	Амортизация в месяц, руб.	Амортизация за 3,4 месяца, руб.
Персональный компьютер	1	40 000	10	400	1 360
Дифрактометр «D2 Phaser»	1	2 500 000	10	22 500	76 500
Итого:					77 860

Согласно расчетам, амортизационные отчисления составят 77 860 руб.

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме.

Таблица 6.6. Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ (СМ 6)

№	Статьи основных расходов	Коэффициент загрузки	Оклад за месяц	Районный коэф-т	Итого, руб/мес
1	Геолог	1	35 700	1,3	46 410
2	Рабочий	0,1	13 000	1,3	1 690
3	Итого за 3,4 месяцев		163 540		
4	ФЗП		163 540		
5	Страховые взносы (30,4% от ФЗП)		49 062		
6	ФОТ		212 602		

7	Материалы	202,98
8	Амортизация	77 860
9	Резерв (3% от ФЗП)	4 906,2
10	Итого:	295 571,18

Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 10% суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %.

Таблица 6.7. Общий расчет сметной стоимости работ (СМ 1)

№	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм.	Кол-во	
I	Основные расходы			
	Проектно-сметные работы			295 571,18
	Камеральные работы			66,18
	Итого основных расходов (ОР):			295 637,36
II	Накладные расходы	% от ОР	15	44 345,60
	Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)			339 982,96
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	67 996,60
V Подрядные работы				
	Лабораторные работы	руб.		805 900
VI	Резерв	% от ОР	3	8 869,12
	Итого сметная стоимость			1 222 748,68
	НДС	%	20	244 549,74
	Итого с учётом НДС			1 467 298,42

Таким образом, согласно произведенным расчетам, общая стоимость работ составит 1 467 298,42 рублей.

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ МЕТАЛЛОНОСНЫХ УГЛЕЙ КУЗБАССА И МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА

Целью данной работы является изучение природы редкометалльного Nb-Zr-Ta-Hf-РЗЭ оруденения в углях Кузбасса и Минусинского бассейна.

Высокий спрос на редкие металлы и появление новых технологий переработки сырья дают зеленый свет для освоения новых типов редкометалльно-угольных месторождений.

Сравнив содержания химических элементов в золе и угле с минимально-промышленными содержания, можно сделать вывод о том, некоторые химические элементы пригодны для промышленного извлечения как из угля, так и из золы. Рентабельность переработки может быть достигнута путем извлечения углей из недр и использования высокоэнергетического угля в качестве топлива на ТЭС. А полученные золошлаки подлежат комплексной переработке с извлечением группы редких металлов. Но к сожалению на данном этапе научно-технического прогресса, извлечение редких металлов из золы углей является экономически не выгодным аспектом.

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. Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде организационной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

7.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При разработке данного раздела учитываются необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе за компьютером.

Рабочий процесс проходил в кабинете самостоятельной работы магистров международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология», который расположено в 20 корпусе НИ ТПУ. В кабинете предусмотрено 12 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 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.

Продолжительность рабочего дня составляет 8 часов [47].

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 [41].

В соответствии с пунктом 13.1 статьи 13 Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 г. №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 [39, 42].

Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не может превышать 40 часов в неделю [47].

В соответствии с типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО 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 (таб. 7.1) [46].

Согласно статье 92 Трудового кодекса РФ сокращенная продолжительность рабочего времени при проведении работ профессионально связанных с эксплуатацией ПК не предусмотрена [47].

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 [47].

Таблица 7.1. Категории работ с компьютером

Категории работы с компьютером	Уровень нагрузки за смену при разных видах работ		
	А	Б	В
	кол-во знаков	кол-во знаков	кол-во знаков
I	до 20000	до 15000	до 2

При 8-часовой рабочей смене и работе на компьютере регламентированные перерывы следует устанавливать [47]:

- для I категории работ устанавливаются регламентированные перерывы через два часа от начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый.

ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 предусмотрены требования к рабочей позе: бедра расположены приблизительно в горизонтальной позиции, а ноги от колена до ступни - в вертикальной позиции; позвоночник расположен вертикально; ступня составляет угол в 90° по отношению к подколенной части ноги; линия зрения заключена между горизонталью и 60° ниже горизонтали [38].

7.2. Производственная безопасность

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ в этом помещении описаны в таблице 7.2 в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015[33].

Таблица 7.2. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Камеральные	Лабораторные	
1. Недостаточное освещение рабочей зоны	+	+	ГОСТ 12.1.038- 82 [35] ГОСТ 12.1.003-2014 [36] ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 [38] СанПиН 2.2.4.548-96 [43] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [42] СП 52.13330.2016 [45] ТОИ Р-45-084-01 [46]
2. Отклонение параметров микроклимата	+	+	
3. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	+	+	
4. Повышение уровня шума		+	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти	+	+	

7.2.1 Анализ вредных и производственных факторов

1. Недостаточное освещение рабочей зоны

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, определяя зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении.

В аудитории, где находится рабочее место, совмещенное освещение (естественное и искусственное). Естественное освещение осуществляется через боковые окна, выходящие на восток. Общее искусственное освещение обеспечивается 15 светильниками, встроенными в потолок, расположенными в 5 рядов параллельно рабочих столов с ПЭВМ. Такое расположение осветительных приборов позволяет достичь равномерного освещения.

Оценка освещенности производилась в соответствии с СП52.13330.2016. В таблице 7.3 приведены нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [45]. Нормируемые показатели представлены для учебной аудитории. Реальная освещенность на рабочем месте взята из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Таблица 7.3. Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения

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

Исходя из табличных данных, можно сказать, что освещенность соответствует нормативным данным, следовательно, освещение оказывает благоприятное влияние на качество рабочего процесса и безопасность учащихся.

2. Отклонение параметров микроклимата

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма [43].

Когда температура воздуха в помещении повышена, кровеносные сосуды расширяются, происходит повышение притока крови к поверхности тела и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении

температуры – кровеносные сосуды сужаются и приток крови к поверхности тела, соответственно, замедляется, и теплоотдача уменьшается. Это сказывается на работоспособности человека.

Влажность воздуха оказывает влияние на терморегуляцию организма. При высокой влажности (более чем 85%) затрудняется терморегуляция, а при низкой (менее 20%) – происходит пересыхание слизистой оболочки дыхательных путей. Резкие перепады влажности воздуха также отрицательно сказываются на работоспособности.

Движение воздуха в рабочем помещении способствует увеличению теплоотдачи организма человека. Периодическое проветривание помещения способствует улучшению работоспособности человека.

Для данной категории рабочего места допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 7.4 [43]. Реальные данные по микроклимату на рабочем месте взяты из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Таблица 7.4. Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ПЭВМ

Сезон года	Категория тяжести выполняемых работ	Температура, С ⁰		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/сек	
		Факт	Оптим.	Факт.	Оптим.	Факт.	Оптим.
Холодный	легкая	23	22-24	45	40-60	0,1	0,1
Теплый	легкая	25	23-23	45	40-60	0,1	0,1

Исходя из табличных данных, можно сказать, что температура и влажность воздуха соответствуют нормативным данным, следовательно, эти оптимальные показатели оказывают благоприятное влияние на качество рабочего процесса.

3. Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса

Известно, что на работоспособность, помимо рабочей нагрузки в реальной трудовой, влияют и неблагоприятные условия труда, вытекающие из характера самой выполняемой работы. Так на работоспособность активно влияет фактор монотонности.

Для того, чтобы избежать утомляемости, необходимо каждые 2 часа делать 15 минутные перерывы, а также, желательно, стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять вид деятельности и обстановку.

Для достижения допустимого уровня микроклимата необходимо наличие системы вентиляции, необходимого количества обогревательного оборудования. Работающим на персональных компьютерах показана психологическая разгрузка в специально оборудованных помещениях во время регламентированных перерывов и в конце рабочего дня.

4. Повышенный уровень шума

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 для человека, который работает в учебной аудитории за компьютером, разрешенный предел шума не должен превышать 50 дБ [44].

Вредное воздействие шума:

- ✓ сердечно-сосудистая система;
- ✓ нервная система;
- ✓ гормональный сбой;
- ✓ органы слуха (барабанная перепонка).

Обычно, уровень шума от исправного компьютера составляет 10-25 дБ. В аудитории 12 персональных современных компьютеров, но шум от них нельзя подсчитывать как алгебраическую сумму. Так шум от одновременных включенных всех компьютеров в аудитории составит 56 дБ, что не значительно превышает уровень установленный СанПиН 2.2.4.3359-16.

Если уровень шума на рабочем месте превышает допустимый уровень, вы должны использовать индивидуальные средства защиты (затычки для ушей, специальные наушники). В обеденный перерыв обязательно покидайте рабочее место и отправляйтесь в более тихое место, чтобы слух немного отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости [36].

5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ являются потенциальной опасностью для человека, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, которые находятся под напряжением. Специфической опасностью электроустановок являются токоведущие проводники оборудования, которые, находясь под напряжением, имеют нарушенную изоляцию и не подают каких-либо сигналов, предупреждающие человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Электрический ток – это скрытый тип опасности. Затруднительно определение в частях оборудования электрического тока. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, превышающий 0,05А, ток менее 0,05А является безопасным (до 1000 В). Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работы, заключающаяся в соблюдении правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок, и правил устройства электроустановок.

Комната, в которой выполнялась работа, относится к категории помещений без повышенной опасности. Однако, возможность поражения электрическим током, все-таки, существует, т.к. персональный компьютер работает от источника тока с напряжением 220 В. Для того чтобы исключить

опасность поражения электрическим током, необходимо соблюдать правила электрической безопасности:

✓ перед включением компьютера в сеть необходимо визуально проверить электропроводку на отсутствие участков, где нарушения изоляции проводов, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера;

✓ при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети ПК и устранить неисправность;

✓ токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения а доступные прикосновению проводящие части не должно находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

Для защиты от поражения электрическим током, в случае повреждения изоляции, должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении [35]:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;
- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Поэтому к работе на ПК допускаются лица, прошедшие обучение безопасным методам труда, вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте. Каждый работник должен знать правила первой медицинской помощи при поражении электрическим током, для того, чтобы быть готовым оказать помощь другим работникам.

7.3. Экологическая безопасность

Правила утилизации люминесцентных ламп

Согласно действующему на территории России постановлению Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. N 681 «Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде», специализированные организации обеспечивают сбор отработанных люминесцентных ламп у потребителей, а организация сбора ложится на органы местного самоуправления, которые должны проинформировать о порядке проведения сбора ламп как юридических лиц, так и индивидуальных предпринимателей, и частных лиц [40].

Для накопления ламп юридическими лицами обязательно применение специальной тары, и обязательно отдельно от остальных отходов. Транспортировка отработанных ламп в место сбора осуществляется в герметичной таре, на специальном транспорте для опасных грузов. Места сбора и транспортировки обязательно должны быть оснащены газосигнализаторами на пары ртути и обеспечены средствами индивидуальной защиты органов дыхания [47].

Правила утилизации ПК и комплектующих

Для предприятий особенно важна утилизация компьютерной и офисной техники, потому что в данном случае действуют строгие законы. К примеру, Федеральный закон №89, который запрещает предприятиям заниматься самостоятельной утилизацией опасных отходов.

Данным видом деятельности могут заниматься только специализированные организации, к примеру, предприятия, которые

занимаются утилизацией компьютеров, оргтехники и других электронных отходов.

Помимо норм и законов экологического законодательства Российской Федерации при самостоятельной утилизации компьютерной техники предприятия нарушают еще и налоговое законодательство. Из-за того, что большинство офисной техники содержит небольшое количество драгоценных металлов, например, золота или платины, при утилизации техники происходит их переработка и направление в государственный фонд. Об этом говорится в п.2 ст. 20 Федерального закона №41 от 26 марта 1998 года.

Правила утилизации макулатуры

Сбор и утилизация макулатуры на предприятии носит рекомендательный характер. Рекомендации по утилизации макулатуры прописаны в ГОСТ Р 55090-2012 [37].

Вывод: приведенные выше аспекты работы в аудитории оказывают непосредственное отрицательное воздействие на литосферу, при неправильном обращении с твердыми отходами. Данная работа на атмосферу и гидросферу воздействия не оказывает.

7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Здание, в котором располагается аудитория, по пожарной опасности относится к категории В – производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (компьютерная техника, предметы мебели) [34].

Степень огнестойкости здания II согласно Федеральному закону от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». В зданиях II степени максимальный предел распространения огня, составляющий 40 см, может быть допущен только для внутренних несущих стен (перегородок).

В исследуемом помещении обеспечены следующие средства противопожарной защиты:

- ✓ План эвакуации людей при пожаре;
- ✓ Памятка соблюдения правил техники пожарной безопасности;
- ✓ Системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ЭВМ;
- ✓ Углекислотный огнетушитель (ОУ-3);
- ✓ Система автоматической противопожарной сигнализации.

Пожар может возникнуть из-за оголенных токоведущих частей электропроводки, короткого замыкания проводки, перегрузки электросети.

Способ тушения пожара зависит от причины, которая обуславливает его возникновение, от характера горящего объекта. Если в аудитории возник пожар и есть угроза его распространения, необходимо использовать имеющиеся под руками средства тушения (огнетушитель), при этом, необходимо вызвать местную пожарную охрану.

В данном помещении не обнаружено предпосылок к пожароопасной ситуации. Это обеспечивается соблюдением норм при монтаже электропроводки, отсутствием электрообогревательных приборов и дефектов в розетках и выключателях.

Таким образом, из всех рассмотренных выше вредных и опасных факторов, рабочее место (20 корпус ТПУ), полностью соответствуют требованиям производственной и экологической безопасности, в том числе и в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Заключение

Угли пласта XXX Минусинского угольного бассейна и XI пласта Кузнецкого бассейна представляют из себя полиметалльные руды Zr-Hf-Ta-Nb-REE состава. Формирование такого рода оруденения связано с наличием в угольных пластах породных горизонтов небольшой мощности, которые аномально обогащены цирконием, гафнием, ниобием, танталом и некоторыми другими элементами.

Проведенные исследования показывают, что пирокластический материал, захороненный в угольных пластах, обуславливает формирование столь специфических геохимических ассоциаций. Распределение Zr, Hf, Ta, Nb и REE в угле и золе угля в вертикальном разрезе пластов подчеркивает их связь с вулканогенными пирокластическими горизонтами (тонштейнами) и отражает геохимическую зональность, которая обусловлена перераспределением химических элементов при участии водных растворов. Особенно отчетливо это проявлено для редкоземельных элементов.

Нормированные графики распределения редкоземельных элементов показали, что XI пласт в Кузбассе по геохимическим особенностям близок к верхней пачке пласта XXX Минусинского бассейна. Вероятно, оба они сформировались под воздействием однотипной и, возможно, одновозрастной вулканогенной пирокластики. Проведенные исследования не могут подтвердить этого однозначно. В связи с тем, что в каждом угольном бассейне своя схема корреляции угольных пластов с другими названиями, то для подтверждения данного факта необходимо проведение специализированных работ по корреляции угольного разреза между Кузнецким и Минусинским бассейнами.

Основными концентраторами REE как в пробах угля, так и в породных горизонтах выступают фосфатные минералы, преимущественно, монацит. Кристаллы циркона сосредоточены в алюмосиликатном веществе угля.

Также повсеместно распространены оксиды титана с примесью Nb и Zr. Данные подтверждены электронной микроскопией.

В процессе сжигания изучаемых углей, образуются золошлаки, аномально обогащенные Zr, Nb, Ta, Hf и РЗЭ. Полученные золы подлежат комплексной переработке с извлечением группы редких металлов.

Список использованной литературы

1. Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Рихванов Л.П. Редкие элементы в углях Кузбасса. Кемерово, 2000. – 248 с.
2. 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. – 300 с.
3. Арбузов С.И., Ершов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск, Изд. дом «Д-Принт», 2007 – 468 с.
4. Вергунов А.В., Арбузов С.И., Соболенко В.М. Минералогия и геохимия тонштейнов Бейского месторождения Минусинского бассейна // Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330, №2. С. 155-166.
5. Вергунов А.В. Роль щелочной пирокластики в формировании редкометалльных углей Минусинского и Кузнецкого бассейнов // «Новое в познании рудообразования», ИГЕМ РАН, Москва, 2019.С. 81-82.
6. Государственная геологическая карта Российской федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист N-46-Абакан. – СПб: ВСЕГЕИ, 2008.
7. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: МГУ, – 1976. – 232 с.
8. Нифантов Б.Ф., Артемьев В.Б., Ясюченя С.В., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Геохимическое и геотехнологическое обоснование новых направлений освоения угольных месторождений Кузбасса / Б.Ф. Нифантов, В.Б. Артемьев, С.В. Ясюченя, Б.А. Анферов, Л.В. Кузнецова. – М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2014. – 536 с.
9. Середин В.В. Первые данные об аномальных концентрациях ниобия в углях России // Доклады академии наук, 1994. Т. 335, № 5. С. 634-636.
10. ССН на геологические работы /ССН/, вып. 1 «Работы геологического содержания», часть 5 «Опробование твердых полезных

ископаемых». – М., 1992. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293770/4293770978.htm>

11. Угольная база России. Том III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Южная часть). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. – 484 с.

12. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.

13. Шатилов С.В. Кузнецкий угольный бассейн: состояние в 2015 году и перспективы развития добычи угля до 2035 года [Электронный ресурс] Уголь Кузбасса. – 2016. – С. 80. URL: <http://uk42.ru/assets/files/IMG/2016/01/UK-2016-01-web.pdf>

14. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 423с.

15. Arbuzov S.I., Spears D.A., Vergunov A.V., Ilenok S.S., Mezhibor A.M., Ivanov V.P., Zarubina N.A. Geochemistry, Mineralogy, and Genesis of Rare Metal (Nb-Ta-Zr-Hf-Y- REE-Ga) Coals of the Seam XI in the South of Kuznetsk Basin, Russia //Ore Geology Reviews Vol. 113 (2019), 103073. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103073>

16. Dai S., Zhou Y., Zhang M., Wang X., Wang J., Song X., Jiang Y., Luo Y., Song Z., Yang Z., Ren D. 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 // Int. J. of Coal Geology. 2010. V. 83. P. 55-63.

17. Dai S., Ren D., Chou C.-L., Finkelman R.B., Seredin V.V., Zhou Y. Geochemistry of trace elements in Chinese coals: a review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization // Int. J. of Coal Geology. 2012. V. 94. P. 3-21.

18. Dai S., Luo Y., Seredin V.V., Ward C., Hower J., Zhao L., Liu S., Zhao C., Tian H., Zou J. Revisiting the late Permian coal from the Huayingshan, Sichuan, southwestern China: Enrichment and occurrence modes of minerals and trace elements // *Int. J. of Coal Geology*. 2014. V. 122. P. 110-128.
19. Dai S., Chekryzhov I., Seredin V., Nechaev V., Graham I., Hower J., Ward C., Ren D., Wang X. Metalliferous coal deposits in East Asia (Primorye of Russia and South China): a review of geodynamic controls and styles of mineralization // *Gondwana Res.* 2016a. V. 29 (1). P. 60-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2015.07.001>.
20. Dai S., Yan X., Ward C.R., Hower J.C., Zhao L., Wang X., Zhao L., Ren D., Finkelman R.B. Valuable elements in Chinese coals: a review // *Int. Geology Review*. 2016b. DOI: 10.1080/00206814.2016.1197802.
21. Dai S., Ward C.R., Graham C.R., French D., Hower J.C., Zhao L., Wang X. Altered volcanic ashes in coal and coal-bearing sequences: A review of their nature and significance. // *Earth-Science Reviews*. 2017. V. 175. P. 44-74.
22. Ketris M.P., Yudovich Y.E. Estimations of Clarkes for carbonaceous biolithes: world average for trace element contents in black shales and coals // *Int. J. of Coal Geology*. 2009. V. 78. P.135-148. <https://doi.org/10.1007/s11631-015-0053-7>
23. Seredin, V.V., Dai S. Coal deposits as potential alternative sources for lanthanides and yttrium. *Int. J. Coal Geol.* 2012. V. 94. P. 67-93.
24. Seredin V.V., Finkelman R. Metalliferous coals: a review of the main genetic and geochemical types // *Int. J. Coal Geol.* 2008. V. 76. P. 253-289.
25. Spears D.A., Kanaris-Sotiriou R.A. Geochemical and mineralogical investigation of some British and other European tonsteins. // *Sedimentology*. 1979. V. 26. P. 407-425.
26. Spears D.A. The origin of tonsteins, an overview, and links with seat earths, fireclays and fragmental clay rocks // *Int. J. Coal Geology*. 2012. V. 94. P. 22-31.

27. Taylor, S.R., McLennan S.M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution; Blackwell: Oxford, UK, 1985; p. 312.

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

29. Zhao C., Liu B., Xiao L., Li Y., Liu S., Li Z., Zhao B., Ma J., Chu G., Gao P., Sun Y. Significant enrichment of Ga, Rb, Cs, REEs and Y in the Jurassic No. 6 coal in the Iqe Coalfield, northern Qaidam Basin, China-A hidden gem // Ore Geology Reviews. 2017a. V. 83. P. 1-13.

30. Zhao L., Dai S., Graham I.T., Li X., Liu H., Song X., Hower J.C., Zhou Y. Cryptic sediment-hosted critical element mineralization from eastern Yunnan Province, southwestern China: mineralogy, geochemistry, relationship to Emeishan alkaline magmatism and possible origin // Ore Geol. Rev. 2017b. V. 80. P. 116-140.

31. Zhao L., Zhu Q., Jia S., Zou J., Nechaev V., Dai S. Origin of minerals and critical metals in an argillized tuff from the Huayingshan Coalfield, southwestern China // Minerals. 2017c. V. 7. P. 92. <http://dx.doi.org/10.3390/min7060092>

32. Zhou Y., Bohor B.F., Ren Y. Trace element geochemistry of altered volcanic ash layers (tonsteins) in Late Permian coal-bearing formations of eastern Yunnan and western Guizhou Province, China // Int. J. of Coal Geology. 2000. V. 44. P. 305-324.

Нормативная литература

33. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Введен: 01.03.2017. – М.: Стандартинформ. – 2019. – 10 с.

34. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

35. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
36. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования к безопасности. Введен: 01.11.2015. – М.: Стандартинформ, 2015 – 24 с.
37. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги.
38. ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора. Введен: 01.12.2010. – М: Стандартинформ, 2010. – 24 с.
39. Постановление 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».
40. ПП РФ от 3 сентября 2010 г. N 681 «Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде»
41. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 05.12.2014).
42. 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. – 97 с.
43. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М: Минздрав России, 1997. – 132 с.

44. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. Введен: 21.06.2016. – М.: Издательство стандартов, 2016. – 69 с.

45. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. Введен: 08.05.2017. – М.: Стандартинформ, 2018. – 117 с.

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

47. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019)

Приложение А

Раздел (5)

Genesis of rare metal Nb-Ta-Zr-Hf-Y-REE coals

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ81	Саквина (Еремеева) Влада Владиславовна		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

1. Introduction

Coal is a contrasting geochemical barrier to the accumulation of various chemical elements. Consequently, coal is favourable for the formation of geochemical anomalies with the precipitation of many metals in coal seams. For more than 100 years the possibility of extracting by-product impurities from coal and its utilization wastes has been tested with varying degrees of success. Nowadays, a large group of diverse deposits of rare, noble, and nonferrous metals in coals and carbonaceous rocks is known (Seredin, 2004; Seredin and Finkelman, 2008; Seredin and Dai, 2012; Seredin et al., 2013; Arbuzov et al., 2014; Dai et al., 2018a, 2018b; Dai and Finkelman, 2018). Only germanium has been commercially extracted from coal, but more recently, lithium and gallium have been mined (Seredin, 2012; Lin et al., 2013; Qin et al., 2015).

General trends of increasing demand for rare metals and developing new processing technologies allow us to be optimistic about the prospects for the development of traditional and new types of rare-metal coal deposits. Attempts to explore new deposits are continuing. In addition to the group of germanium-coal deposits in China, such as the Lincang and Wulantuga deposits (Zhuang et al., 2006; Hu et al., 2009; Dai et al., 2012a, 2015;), several deposits of complex REY-Zr(Hf)-Nb(Ta)-Ga ores have been identified in recent years (Dai et al., 2010, 2012b). Similar rare-metal-coal deposits have been known in the Kuznetsk Basin (Kuzbass) and Minusinsky Basin (Seredin, 1994; Arbuzov et al., 2000, 2003; Arbuzov and Ershov, 2007). The nature of this type of complex mineralization is interpreted in different ways: from syngenetic hydrogenic mineralization (Seredin, 1994) to volcanogenic (Arbuzov et al., 2003; Arbuzov and Ershov, 2007; Seredin and Finkelman, 2008; Dai et al., 2010, 2012b) and volcanogenic-hydrothermal ones (Dai et al., 2016; Seredin, 1994; C. Zhao et al., 2017; L. Zhao et al., 2017a, 2017b). Understanding the mechanisms of the formation of such ores and modeling their formation will aid effective prediction and reveal similar mineralization in previously unexploited areas.

2. Nb(Ta)-Zr(Hf)-REE mineralization origin in the coals

The complex Nb(Ta)-Zr(Hf)-REE association of the coal seam XI of the Kuznetsk Basin and the coal seam XXX of the Minusinsky Basin is distinctly spatially and genetically related to the intra-coal rock interlayer.

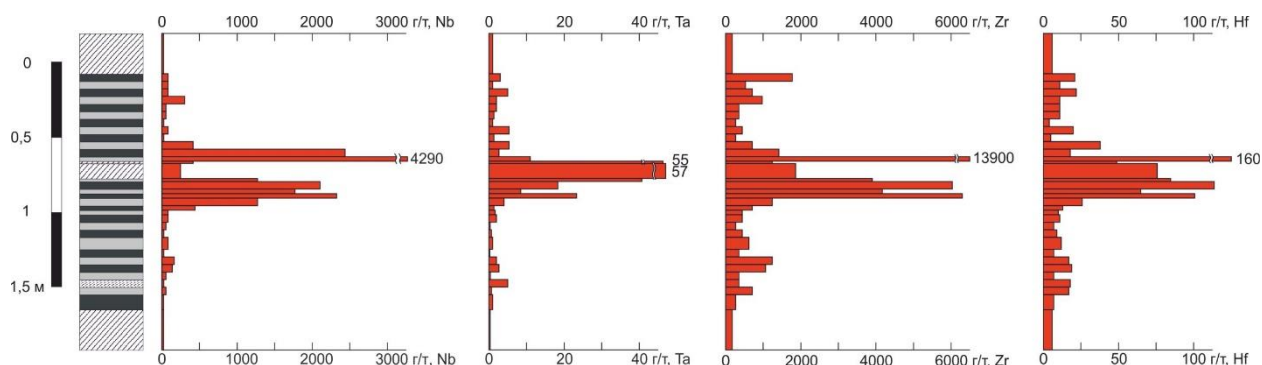


Fig. 1. Nb, Ta, Zr and Hf distribution in the seam XI.

This is proved by the character of the distribution of these elements in the seams and by peculiarities of the mineral and chemical composition of the ores and the interlayers (Fig. 1, Fig. 2).

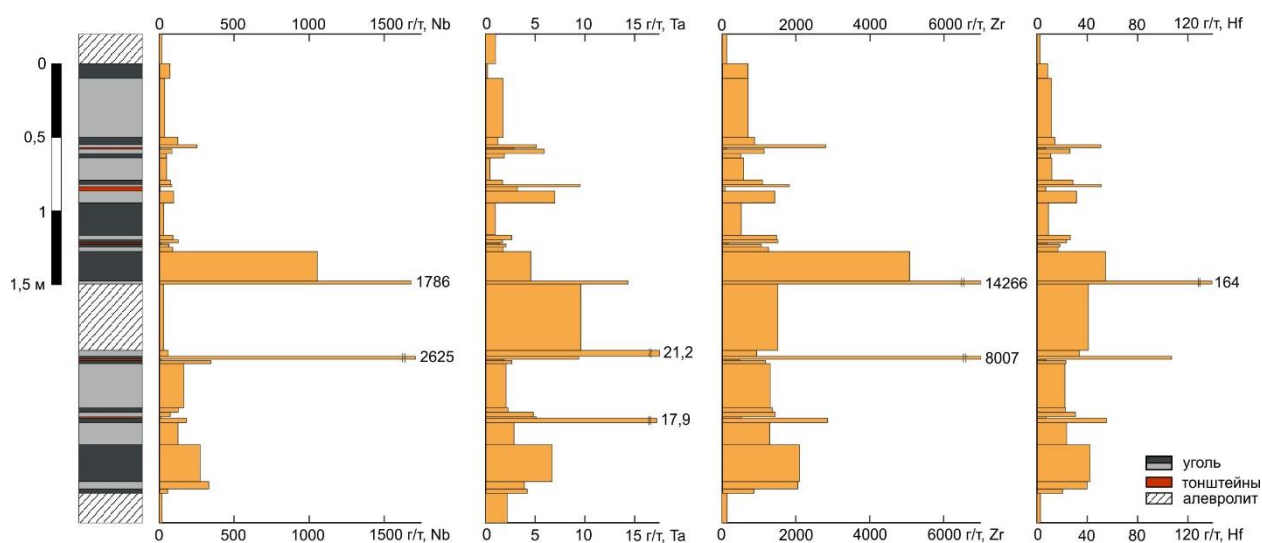


Fig. 2. Nb, Ta, Zr and Hf distribution in the seam XXX.

The diagrams of REE distribution in the coals of seams XI and XXX, in the noncoal interlayer and in the enclosing rocks, normalized to the mean concentration of the upper continental crust, differ significantly. The presence of a contrasting negative Eu anomaly (Fig. 3) makes it possible to identify a direct

connection between the REE accumulation in coals and the rock interlayer and, at the same time, demonstrate that both are linked to felsic rocks.

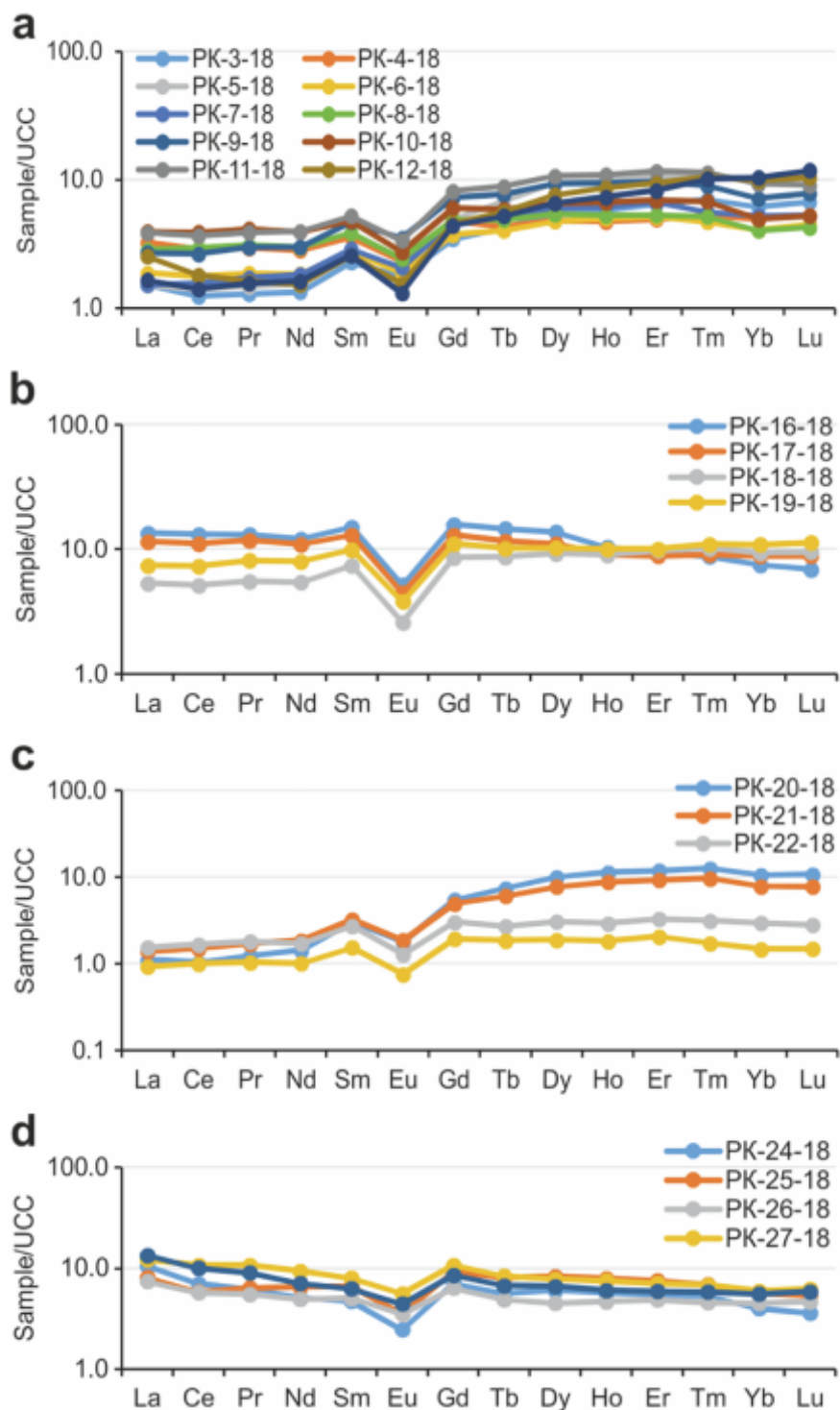


Fig. 3. Normalized graphs of REE distribution in the coal ash in the seam XI (Kuzbass). A – coal of the upper band of the seam XI; B - coal under the rock interlayer; C – middle part of the coal band; D – lower part of the coal band. Calculations were made to the mean in the upper continental crust (Taylor, McLennan, 1985)

A similar graph of the distribution of rare-earth elements was also noted for the section of the XXX Minusinsky basin.

The absence of this anomaly is associated with the overlying roof and underlying floor rocks, which have a typical REE pattern for terrigenous sediments (Fig. 4).

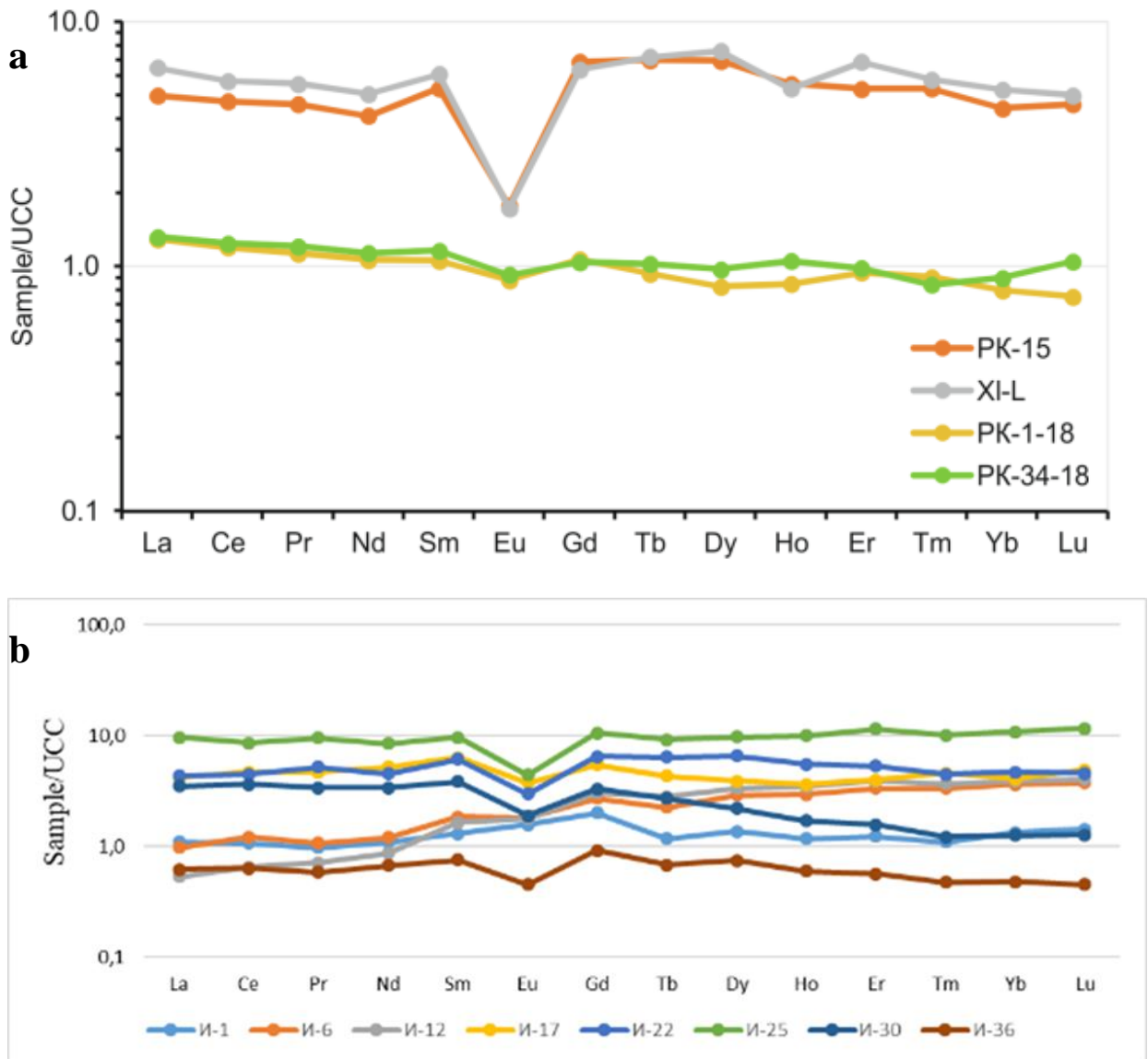


Fig. 4. Normalized graphs of REE distribution in the interlayer of the seams XI (a) (Kuzbass) and XXX (b) (Minusinsky) and in the roof and bottom coal-bearing rocks.

The correlation analysis shows that Zr and Nb concentrations in the coal have no significant correlation with the ash yield and in the coal ash it is generally negative. This indicates different sources of these metals in the coal other than the detrital material. It also follows that Zr and Nb accumulation in the coal at the contact with the rock interlayer could not occur due to the input of terrigenous-

clastogenic material but due to water solutions. The migration capacity of this group of elements in the fresh waters of the hypergenesis zone is low, thus limiting the possibility of their accumulation in the coal due to the hypergenesis zone waters during the peat accumulation or early diagenesis. The inflow of these elements into the coal-bearing sediments under natural conditions is possible due to sulfurous water (Vakh et al., 2013). However, abundant sulfates should have formed in the coal, as well as sulfides.

A comprehensive study of similar Yunnan Province ores in China (Dai et al., 2018b) based on H and O isotopes led the authors to believe that both colder surface waters and deeper thermal waters were involved in their formation. The leaching of Nb, Zr, and REE took place due to acid rain caused by the release into the atmosphere of HF, HCl, S, and corresponding oxides (CO₂, SO₂) from volcanoes. In our case, such a model is not applicable. The distribution zone for Nb, Zr, and especially REE, over the rock interlayer exceeds 15 cm and even 30–50 cm (Seredin, 1994; Arbuzov et al., 2000). Taking into account coalification this thickness corresponds to 1.5–3-meter thickness of initial peat above the ash horizon. The formation of such a peat thickness took place over a significant time span, possibly for no less than 1000 years. In addition, the role of sulfur in the coals of this seam is very limited. It is indicated not only by its low gross content in the coal, but also by the widespread occurrence of native minerals. Sulfates (barite, etc.) in the coal are also unimportant. Obviously, there is a different mechanism for the redistribution of Nb, Zr, REE, and other elements from the rock interlayer within the coal seam, both above and below the interlayer.

The distribution described above could occur due to sodium bicarbonate groundwaters formed in the basin because there is increased migration of Nb, Zr, and REE especially, as the salinity increases (Lepokurova, 2018a). Such waters are formed in coal basins at an early stage in the formation of coal-bearing sediments. They are also widespread in Kuzbass (Shvartsev et al., 2011). Based on the features of the Nb and Zr distribution in the seam section, it is possible to assume an intensive migration of these elements from the rock interlayer into the host coal.

Since the significant enrichment of these elements was noted above the interlayer, as well as under it, we can confidently conclude that the migration took place because of water solutions. The sodium bicarbonate composition of the water is confirmed by REE carbonates present among the newly formed minerals, as well as by the stability of primary albite and secondary albite formation.

The time of the formation of the enrichment zone associated with the rock interlayer is limited to the period from the peat bog formation to its transformation into bituminous coal. Studies have shown (Xin et al., 2019) that effective porosity of coal sharply decreases with the maturation to the stage of the increased reflectivity of vitrinite in oil immersion above $R_o = 0.5\%$. Accordingly, the migration capacity of the elements in water solutions in the coal seams is also sharply reduced.

The migration capacity of Ta, Hf, Ga, Sn, Th, and U in this environment is significantly lower due to their chemical properties than that of Nb, Zr, and REE. Therefore, they form only local halos close to the rock interlayer.

Such an active role of the thin rock interlayer in the enrichment of the coal seams by rare metals implies its specific primary composition with a unique enrichment by some of the studied elements.

In the Winchester-Floyd diagram, the studied interlayers in the seams XI and XXX is located in the field of comendite-pantellerite (volcanogenic rocks of felsic composition of the alkaline variety) (Fig. 5).

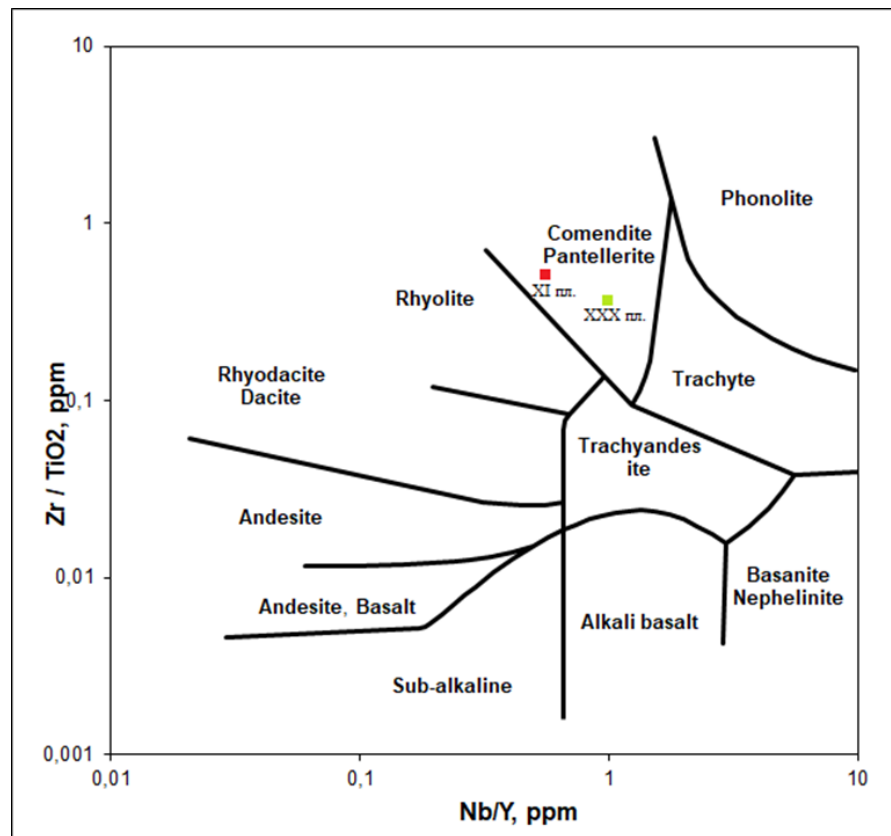


Fig. 5. Location of the pyroclastic interlayers in the seams XI and XXX according to the Winchester and Floyd (1977) classification diagram

Analysis of Table 5 shows that the pantellerite tuff of central Mongolia can be considered as a possible source of primary volcanogenic material for the rock interlayers in the seams XI and XXX. Such a conclusion can be made taking into account the different mobility of elements during the ash transformation. Of the relatively inert petrogenic elements, fourfold concentrations of Ti and Al were noted. The same accumulation coefficient was also noted for Ta. The accumulation coefficients of U, Th, Hf, and Nb are higher than 1. For Zr and Y the coefficients are close to 1. Taking into account the specifics of the interlayer material transformation in the seam XI, these results are in good agreement with the data on the mobility of these elements in the transformation of volcanogenic pyroclastics, obtained by Spears and Arbuzov (2019). The extent of the mineral substance transformation for the volcanic-sedimentary rocks in the seam XI is significantly lower than that for the tonsteins, so the concentration coefficients are lower, but the general regularities of different mobility of these most inert components in this

process is present. These data are in good agreement with the results of other research methods.

Thus, the geochemical data obtained allows us to confidently conclude that the rock interlayers in the seam XI and XXX, which is a source for the accumulation of rare elements in the coals, is represented by geochemically modified ash of pantellerite composition. The absence of primary transformation of the volcanogenic material in the hypergenesis zone before it enters the peat deposit ensured the preservation of its rare-metal potential and further redistribution in the coal seam forming the commercial Nb-Ta-Zr-Hf-Y-REE-Ga mineralization.

3 Conclusions

The coals of seams XI and XXX are polymetallic ores of Nb-Ta-Zr-Hf-REE composition. Their formation is associated with the presence of thin (6–15 cm) non-coal interlayers in the coal seams. This interlayer is enriched with Nb, Ta, Zr, Hf, Y, REE, Ga, Th, U, Sn, and other lithophilic elements. The geochemical features of this interlayer and the composition of relict minerals make it possible to link this horizon to the arrival of felsic volcanogenic pyroclastic matter of alkaline composition during the peat accumulation. The restored composition of the volcanogenic pyroclastics of these rock interlayers corresponds to the family of comendite-pantellerites.

A possible source is pantellerite ash from Mongolia or southeast Siberia. They are enriched in Nb, Ta, Zr, Hf, Y, REE, Ga, Th, and U. In the process of coalification, rare elements-hydrolysates were redistributed and rare-metal mineralization in coal resulted. The redistribution occurred at the early stages of coalification with the involvement of sodium bicarbonate groundwaters. The distribution of these elements in the coal and coal ash in the vertical section of the coal seam emphasizes their connection with the volcanogenic pyroclastic horizon and reflects the geochemical zoning caused by the redistribution of chemical elements in the groundwater. This is especially evident for REE and is clearly visible in the analysis of the normalized graphs relative to chondrite and upper continental crust. Individual elements (Ta, Hf, and Ga) from the ore spectrum differ in their weak migration capacity and accumulate in the volcanogenic interlayer or in close to it.

The ore substance is mainly concentrated in the fine mineral phase, essentially Zr-Nb-Ti-Fe oxides, fine zircons, and rare-earth carbonates (bastnasite) and phosphates (monazite, xenotime, goyazite). Some of the elements are contained in a scattered form in the organic matter.

The epigenetic nature of the majority of minerals is clearly visible in their distribution in the coal matrix, relation to the pore space, presence of micro-veinlets, and to the areas of the volcanogenic interlayers.

The research that has been undertaken enables exploration criteria to be developed to identify this type of mineralization. A characteristic feature of such ores is the presence of a horizon of volcanogenic pyroclastic rocks of alkaline composition with increased radioactivity. The presence of such a horizon was noted in similar ores in China (Dai et al., 2010, 2012b, 2014).

The connection of complex Nb-Ta-Zr-Hf-Y-REE-Ga mineralization with alkaline volcanogenic pyroclastics significantly expands the prospects of further similar discoveries in coals of East and Central Asia.

High volcanic activity of this period coupled with the alkaline magmatism (Yarmolyuk et al., 2013) contributed to the formation of metalbearing ash horizons and when buried in paleo-bogs, complex rare-metal coal deposits were formed. The disparate locations of known ores in the vast territory of China and Russia suggest that a number of other such deposits may be discovered by systematic studying sedimentary basins of this age.

References

1. Arbuzov, S.I., Ershov, V.V., Potseluyev, L.L., Rikhvanov, L.P., 2000. Rare elements in coals of the Kuznetsk Basin. Kemerovo. (in Russian).
2. Arbuzov, S.I., Ershov, V.V., Rikhvanov, L.P., Usova, T.Y., Kargin, V.V., Bulatov, A.A., Dubovik, N.E., 2003. Rare-Metal Potential of the Coals of the Minusinsky Basin. Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Geo Branch, Novosibirsk (in Russian).
3. Arbuzov, S.I., Ershov, V.V., 2007. Geochemistry of Rare Elements in Coals of Siberia. DPrint Publishing House, Tomsk (in Russian).
4. Arbuzov, S.I., Mashenkin, V.S., Rybalko, V.I., Sudyko, A.F., 2014. Rare-metal potential of coals of Northern Asia (Siberia, Russian Far East, Mongolia). *Geol. Mineral Resour. Siberia* 3 (2), 41–44 (in Russian).
5. Dai, S., Zhou, Y., Zhang, M., Wan, G.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. *Int. J. Coal Geol.* 83, 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2010.04.002>.
6. Dai, S., Wang, X., Seredin, V.V., Hower, J.C., Ward, C.R., O'Keefe, J.M.K., Huang, W., Li, T., Li, X., Liu, H., Xue, W., Zhao, L., 2012a. Petrology, mineralogy, and geochemistry of the Ge-rich coal from the Wulantuga Ge ore deposit, Inner Mongolia, China: New data and genetic implications. *Int. J. Coal Geol.* 90–91, 72–99. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.10.012>.
7. Dai, S., Ren, D., Chou, C.-L., Finkelman, R.B., Seredin, V.V., Zhou, Y., 2012b. Geochemistry of trace elements in Chinese coals: a review of abundances, genetic types, impacts on human health, and industrial utilization. *Int. J. Coal Geol.* 94, 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.02.003>.
8. Dai, S., Luo, Y., Seredin, V.V., Ward, C., Hower, J.C., Zhao, L., Liu, S., Zhao, C., Tian, H., Zou, J., 2014. Revisiting the late Permian coal from the Huayingshan, Sichuan, southwestern China: Enrichment and occurrence modes of

minerals and trace elements. *Int. J. Coal Geol.* 122, 110–128. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2013.12.016>.

9. Dai, S., Liu, J., Ward, C.R., Hower, J.C., Xie, P., Jiang, Y., Hood, M.M., O'Keefe, J.M.K., Song, H., 2015. Petrological, geochemical, and mineralogical compositions of the low-Ge coals from the Shengli Coalfield, China: A comparative study with Ge-rich coals and a formation model for coal-hosted Ge ore deposit. *Ore Geol. Rev.* 71, 318–349. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.06.013>.

10. Dai, S., Chekryzhov, I., Seredin, V., Nechaev, V., Graham, I., Hower, J.C., Ward, C., Ren, D., Wang, X., 2016. Metalliferous coal deposits in East Asia (Primorye of Russia and South China): a review of geodynamic controls and styles of mineralization. *Gondwana Res.* 29 (1), 60–82. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2015.07.001>.

11. Dai, S., Finkelman, R.B., 2018. Coal as a promising source of critical elements: Progress and future Prospects. *Int. J. Coal Geol.* 186, 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.06.005>.

12. Dai, S., Yan, X., Ward, C.R., Hower, J.C., Zhao, L., Wang, X., Zhao, L., Ren, D., Finkelman, R.B., 2018a. Valuable elements in Chinese coals: a review. *Int. Geol. Rev.* 60 (5–6), 590–620. <https://doi.org/10.1080/00206814.2016.1197802>.

13. Dai, S., Nechaev, V.P., Chekryzhov, I.Yu., Zhao, L., Vysotskiy, S.V., Graham, I., Ward, C.R., Ignatiev, A.V., Velivetskaya, T.A., Zhao, L., French, D., Hower, J.C., 2018b. A model for Nb-Zr-REE-Ga enrichment in Lopingian altered alkaline volcanic ashes: Key evidence of H-O isotopes. *Lithos* 302–303, 359–369. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2018.01.005>.

14. Hu, R.Z., Qi, H.W., Zhou, M.F., Su, W.C., Bi, X.W., Peng, J.T., Zhong, H., 2009. Geological and geochemical constraints on the origin of the giant Lincang coal seam-hosted germanium deposit, Yunnan, SW China: A review. *Ore Geol. Rev.* 36, 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2009.02.007>.

15. Lepokurova, O.E., 2018a. Soda underground waters of southeastern West Siberia: geochemistry and formation conditions. Dissertation of doctor of geol-miner. Sciences. Tomsk (in Russian).
16. Lin, M., Bai, G., Duan, P., Xü, J., Duan, D., Li, Z., 2013. Perspective of comprehensive exploitation of the valuable elements of Chinese coal. *Energy Explor. Exploit.* 31 (4), 623–627. <https://doi.org/10.1260/0144-5987.31.4.623>.
17. Qin, S.J., Sun, Y.Z., Li, Y.H., Wang, J.X., Zhao, C.L., Gao, K., 2015. Coal deposits as promising alternative sources for gallium. *Earth-Sci. Rev.* 150, 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.07.010>.
18. Seredin, V.V., 1994. The first data on abnormal concentrations of niobium in coals of Russia. *Rep. Acad. Sci.* 335 (5), 634–636 (in Russian).
19. Seredin, V.V., 2004. Metal-bearing coals: conditions of formation and prospects of development. *Coal base of Russia. Volume VI. Main regularities of coal formation and coal bearing capacity in Russia.* Geoinformmark LLC, Moscow. (in Russian).
20. Seredin, V.V., 2012. From coal science to metal production and environmental protection: A new story of success. *Int. J. Coal Geol.* 90–91, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.11.006>.
21. Seredin, V., Dai, S., 2012. Coal deposits as potential alternative sources for lanthanides and yttrium. *Int. J. Coal Geol.* 94, 67–93. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.11.001>.
22. Seredin, V., Dai, S., Sun, Y., Chekryzhov, I., 2013. Coal deposits as promising sources of rare metals for alternative power and energy-efficient technologies. *Appl. Geochem.* 31, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.01.009>.
23. Seredin, V., Finkelman, R., 2008. Metalliferous coals: a review of the main genetic and geochemical types. *Int. J. Coal Geol.* 76, 253–289. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2008.07.016>.

24. Shvartsev, S.L., Domrocheva, E.V., Rasskazov, N.M., 2011. Geochemistry and formation of soda waters of Kuzbass. *Izvestiya Tomsk Polytech. Univ.* 318 (1), 128–134 (in Russian).
25. Vakh, E.A., Vakh, A.S., Kharitonova, N.A., 2013. The contents of rare earth elements in waters of hypergenesis zone of sulfide ores Gold Deposit (upper Amur region). *Tikhookeanskaya Geologiya V* 32 (1), 105–115.
26. Yarmolyuk, V.V., Kozlovsky, A.M., Kuzmin, M.I., 2013. Late Paleozoic-early Mesozoic within-plate magmatism in north Asia: traps, rifts, giant batholiths, and the geodynamics of their origin. *Petrology* 21 (2), 101–126. <https://doi.org/10.1134/S0869591113010062>.
27. Zhao, C., Liu, B., Xiao, L., Li, Y., Liu, S., Li, Z., Zhao, B., Ma, J., Chu, G., Gao, P., Sun, Y., 2017. Significant enrichment of Ga, Rb, Cs, REEs and Y in the Jurassic No. 6 coal in the Iqe Coalfield, northern Qaidam Basin, China –A hidden gem. *Ore Geol. Rev.* 83, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.12.012>.
28. Zhao, L., Dai, S., Graham, I.T., Li, X., Liu, H., Song, X., Hower, J.C., Zhou, Y., 2017a. Cryptic sediment-hosted critical element mineralization from eastern Yunnan Province, southwestern China: mineralogy, geochemistry, relationship to Emeishan alkaline magmatism and possible origin. *Ore Geol. Rev.* 80, 116–140. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.06.014>.
29. Zhao, L., Zhu, Q., Jia, S., Zou, J., Nechaev, V., Dai, S., 2017b. Origin of minerals and critical metals in an argillized tuff from the Huayingshan Coalfield, southwestern China. *Minerals* 7, 92. <https://doi.org/10.3390/min7060092>.
30. Zhuang, X., Querol, X., Alastuey, A., Juan, R., Plana, F., Lopez-Soler, A., Du, G., Martynov, V.V., 2006. Geochemistry and mineralogy of the Cretaceous Wulantuga high-germanium coal deposit in Shengli coal field, Inner Mongolia, Northeastern China. *Int. J. Coal Geol.* 66, 119–136. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2005.06.005>.