

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 05.03.01 Геология
Отделение геологии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Геохимия ртути в углях Минусинского бассейна

УДК 553.94:546.49(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Л41	Еремеева Влада Владиславовна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Пожарницкая О.В.	к. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева И.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 05.03.01 Геология
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Арбузов С.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Л41	Еремеевой Владе Владиславовне

Тема работы:

Геохимия ртути углях Минусинского бассейна
Утверждена приказом проректора-директора (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 из месторождений Минусинского угольного бассейна</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; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Минусинский угольный бассейн. 2. Объект и методы исследования. 3. Геохимия ртути в углях Минусинского бассейна. 4. Формы нахождения ртути. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность 7. Заключение
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Геологическая карта Минусинского угольного бассейна</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Пожарницкая Ольга Вячеславовна
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Арбузов Сергей Иванович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Л41	Еремеева Влада Владиславовна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Л41	Еремеева Влада Владиславовна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Геологии
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	05.03.01 Геология

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Сметная стоимость камеральных работ</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>СН-92, СНОР-93</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>30 % страховые взносы; 18% НДС; 0,4% профессиональные риски.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Расчет стоимости ОЗП, амортизации материалов</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление сметной стоимости по изучению геохимии углей</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Обоснование необходимости изучения геохимии углей</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Пожарницкая Ольга Вячеславовна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Л41	Еремеева Влада Владиславовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Л41	Еремеева Влада Владиславовна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Геологии
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	05.03.01 Геология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. <i>Описание рабочего места</i></p>	<p><i>Исследовались пробы угля и углевмещающих пород с месторождений Минусинского угольного бассейна. Рабочая зона представляет закрытое сухое помещение с хорошими условиями освещенности. В помещении установлено 3 ЭВМ, где происходит обработка данных и выполнение исследовательской работы анализатором ртути РА-915+ с приставкой ПИРО-915+, на котором производилось определение валового содержания ртути и форм ее нахождения в углях и углевмещающих породах. Помещение оснащено вентиляционной системой, имеется естественное и искусственное освещение. Методика определения валового содержания ртути и форм ее нахождения в твердом веществе осуществляется по общепринятым методикам.</i></p>
<p>2. <i>Перечень законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p><i>ГОСТ 12.0.003-74; ГОСТ 12.1.003-83; ГОСТ 12.1.004-91; ГОСТ 12.1.038-82; ГОСТ 12.1.045-84; ГОСТ Р 55090-2012; ГОСТ 27016-86; Инструкция №13-52 по охране труда и правилам безопасности работы на ртутном анализаторе РА-915+ в учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа кафедры ГЭГХ; Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118 «О введении в действие санитарноэпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03»; Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 05.12.2014); СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; СанПиН 2.2.4.548-96; ТОИ Р-45-084-01; Трудовой кодекс РФ.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды</i></p>	<p><i>Описание опасных и вредных факторов, возникающих при лабораторных работах. Вредные факторы:</i></p>

	<p>1. Отклонение параметров микроклимата в помещении;</p> <p>2. Недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>3. Шум;</p> <p>4. Монотонный режим работы.</p>
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Электрический ток;</p> <p>2. Короткое замыкание;</p> <p>3. Статическое электричество;</p> <p>4. Порезы и ранения осколками стекла (кварцевые ложечки-дозаторы).</p>
3. Охрана окружающей среды	<p>Правила утилизации:</p> <ul style="list-style-type: none"> - люминесцентных ламп; - ПК и комплектующих; - макулатуры.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях	<p>Разработан ряд действий в результате возникновения пожара и мер по ликвидации его последствий. В помещении имеются системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ЭВМ, углекислотный огнетушитель (ОУ-3-ВСЕ); система автоматической противопожарной сигнализации, разработан план эвакуации.</p>
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<p>Рассматриваются требования по организации условий труда и отдыха при работе с ПК на основании НД: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; ТОИ Р-45-084-01; Трудовой кодекс РФ.</p>
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Л41	Еремеева Влада Владиславовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 86 стр., 16 рис., 21 табл., 43 источника.

Ключевые слова: ртуть, ртуть в углях, термоформы ртути, Минусинский угольный бассейн

Объектом исследования выпускной квалификационной работы являются пробы угля и углевмещающих пород, отобранные в период с 2014 по 2017 года из месторождений Минусинского каменноугольного бассейна.

Целью данной работы является изучение содержания, закономерностей распределения и форм нахождения ртути в углях Минусинского каменноугольного бассейна.

В процессе исследования проводились измерения средних содержаний Hg в углях Минусинского бассейна, были выявлены закономерности распределения ртути в угольных пластах для каждого месторождения и бассейна в целом и выделены формы нахождения ртути в данных углях.

В результате было установлено неравномерное распределение ртути как в разрезе угленосных отложений, так и в отдельных угольных пластах. Были определены формы нахождения ртути, высвобождающиеся в определенные температурные интервалы.

Работа выполнена в рамках НИР геохимия ртути в углях Минусинского бассейна. Полученные результаты могут быть использованы при сравнении содержаний ртути в различных угольных бассейнах. Знание форм ртути, может оказаться полезным для осуществления мероприятий по снижению выбросов ртути в процессе обогащения угля до его сжигания и газификации.

Содержание

Введение.....	10
1 МИНУСИНСКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАССЕЙНА.....	12
1.1 Географо-экономическая характеристика района.....	12
1.2 История геологической изученности.....	14
1.3 Особенности геологического строения Минусинского бассейна.....	15
1.3.1 Бейское месторождение.....	15
1.3.2 Черногорское месторождение.....	19
1.3.3 Изыхское месторождение.....	21
1.4 Угленосность Минусинского бассейна.....	26
1.4.1 Угленосность Бейского месторождения.....	28
1.4.2 Угленосность Черногорского месторождения.....	29
1.4.3 Угленосность Изыхского месторождения.....	30
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
2.1 Опробование угленосных отложений.....	31
2.2 Лабораторно-аналитические исследования.....	34
2.2.1 Пробоподготовка.....	34
2.2.2 Атомно-абсорбционный анализ методом «холодного пара».....	35
2.2.3 Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).....	36
2.2.4 Другие методы анализа.....	38
2.3 Методика обработки информации.....	39
3 ГЕОХИМИЯ РТУТИ В УГЛЯХ МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА.....	40
3.1 Содержание ртути в углях и углевмещающих породах бассейна.....	41
3.2 Закономерности распределения ртути в Минусинском бассейне.....	42
3.1.1 Бейское месторождение.....	42

3.1.2 Изыхское месторождение	45
3.1.3. Черногорское месторождение	47
3.3 Факторы распределения ртути в углях	49
3.4 Роль полеовулканизма в накоплении ртути в углях.....	51
4 ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РТУТИ.....	54
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	59
5.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объема лабораторных работ	59
5.2 Расчет затрат времени и труда по видам работ	60
5.3 Нормы расхода материалов	62
5.4 Общий расчет сметной стоимости работ.....	63
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ПО ОЦЕНКЕ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В УГЛЯХ МИНУСИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА	65
6.1 Профессиональная социальная безопасность	66
6.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)	66
6.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)	71
6.4 Охрана окружающей среды	75
6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	76
6.6 Законодательное регулирование при работе профессионально связанное с эксплуатацией персонального компьютера.....	78
Заключение	81
Список используемых источников.....	82

Введение

Ртуть считается опасным тяжелым металлом как для человека, так и для экосистем, поскольку она является нейротоксином и способна к биоаккумуляции в организме человека [18].

Необходимость изучения ртути в углях обусловлена ее высокой токсичностью и способностью легко возгоняться в результате термического воздействия [1, 2]. Исследования геохимии данного элемента в природных средах ограничиваются возможностями аналитических методов. Но в настоящее время появились методы, позволяющие определять ртуть в углях с пределом обнаружения 10^{-6} - 10^{-7} %, такие как атомно-адсорбционный анализ методом холодного пара.

Первое упоминание о ртути в углях принадлежит англичанину В. Киркби, который в 1927 году нашел в каменноугольной смоле Hg в концентрации около 0,15 г/т [14, 16, 17]. После А. Шток и Ф. Кукюль обнаружили ртуть в саже дымоходов (28 г/т) и первыми определили Hg в углях Англии и некоторых угольных бассейнах в Германии, найдя в отдельных образцах до 0,022 г/т. Промелькнуло сообщение о находке киновари в германских углях.

В 1946 году А. А. Сауков обнаружил 41 г/т Hg в саже дымохода в московской котельной, которая работала на донецких углях. Такая высокая концентрация осталась незамеченной, и только спустя два десятилетия ртутеносность углей Донбасса привлекла к себе внимание.

Изученность ртути в углях остается низкой из-за того, что анализ золы углей на ртуть не имеет смысла, так как до 90 % Hg улетучивается при озолении. В то же время эмиссионный спектрографический анализ углей на ртуть без озоления также может приводить к большой потере ртути, на что указывал основатель геохимии ртути в СССР— А. А. Сауков.

В настоящее время атомная абсорбционная спектрометрия является основным методом определения форм нахождения ртути в угле. Изучение форм нахождения ртути в углях важно для лучшего понимания ее геохимии, в

частности ее миграции и природы накопления в угле. Известно, что значительная часть ртути в производственных горизонтах угля аккумулирована в сульфидах, главным образом в пирите, FeS_2 [21, 22, 24, 25].

Сжигание угля является основным стационарным источником выбросов Hg из-за огромного количества потребления угля угольными электростанциями [21, 22]. За последние несколько десятилетий, особенно в последние годы, были предприняты значительные усилия по определению эффективных и экономичных вариантов контроля за выбросами ртути на угольных электростанциях. Эти усилия включают в себя удаление ртути из дымовых газов путем усиления обычного контроля за загрязнением, выявления модификаций сжигания и разработки передовых методов контроля. Большая часть этих усилий была направлена на удаление ртути из дымовых газов до сжигания угля. Однако технологии, позволяющие экономично сократить выбросы ртути на угольных электростанциях, пока не доступны на рынке для развивающихся стран.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы послужили пробы угля и углевмещающих пород, отобранные в период с 2014 по 2017 года из месторождений Минусинского каменноугольного бассейна.

Целью данной работы является изучение содержания, закономерностей распределения и форм нахождения ртути в углях Минусинского каменноугольного бассейна.

Основные задачи исследования:

- 1) определить средние содержания Hg в углях Минусинского бассейна;
- 2) выявить закономерности распределения ртути в угольных пластах для каждого месторождения и бассейна в целом;
- 3) выделить формы нахождения ртути в данных углях.

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 Н.А. Осиповой – кандидату химических наук, за помощь в работе на ртутном анализаторе.

1 МИНУСИНСКИЙ УГОЛЬНЫЙ БАСЕЙНА

1.1 Географо-экономическая характеристика района

Минусинский каменноугольный бассейн расположен в южной части Центрально-Сибирского региона [13]. 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. 1.1).

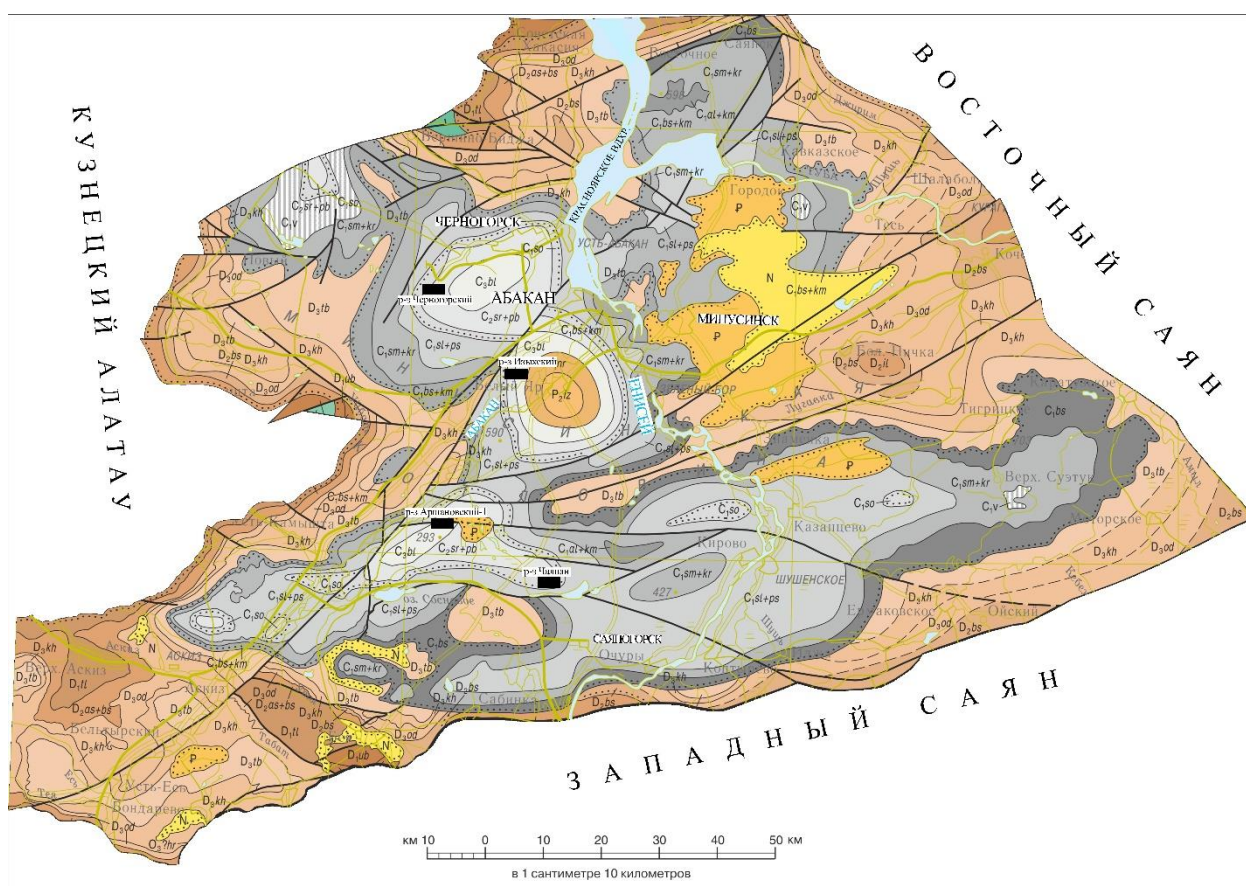


Рисунок 1.1 – Геологическая карта Минусинского угольного бассейна (по [Государственная геологическая...] с дополнениями автора)

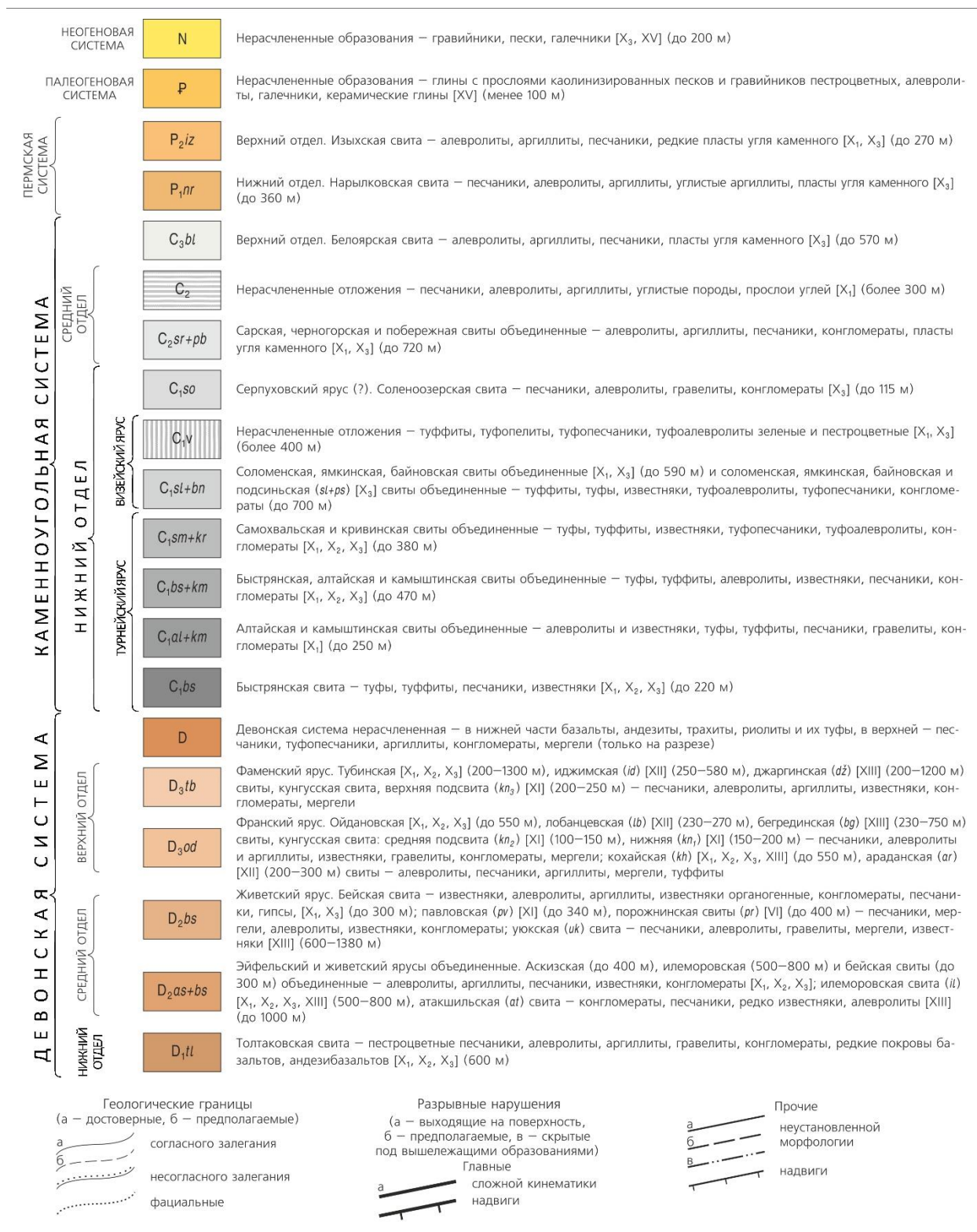


Рисунок 1.2 – Условные обозначения к рисунку 1.1 [9]

Приенесейская 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.

1.2 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 Черногорского (1907) и Аскизского (1912) месторождений, и началось систематическое изучение угленосных отложений В.А. Обручевым, А.Н. Чураковым, М.Л. Усовым, Я.С. Эдельштейном и др [13].

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 г. на площади трёх крупнейших месторождений проводятся, с разной степенью детальности, поисково-разведочные работы, направленные на подготовку участков под шахтное строительство и создание разреза для угольной отрасли. В 1970-1990 гг. эти работы были ориентированы на подготовку участков под открытую разработку углей.

1.3 Особенности геологического строения Минусинского бассейна

1.3.1 Бейское месторождение

Расположено в междуречье рек Абакан и Енисей, на правом берегу р. Абакан, в 20-25 км юго-западнее Изыхского месторождения. В административном отношении относится к Алтайскому и Бейскому районам Республики Хакасия. Площадь месторождения является северной частью Кайбальской степи. По северо-восточной и юго-западной периферии месторождения развиты эоловые дюны и котлы выдувания. В 20 км к юго-востоку от месторождения протекает р. Енисей с притоками, в 2-3 км от северо-западной границы – р. Абакан с притоками Бейка и Аршановка. На северо-восточной и восточной окраине месторождения имеется большое количество озер-останцов древнего русла р. Енисей, приуроченных к мелким депрессиям (рис. 1.1).

Продуктивные отложения приурочены к Бейской мульде. Наибольшая глубина погружения угленосной толщи от 1300 до 1400 м. Отложения соленоозерской и сарской свит открыты в сторону Аскизской мульды и по геофизическим данным продолжаются на запад до Чаптыковской структуры,

являющейся восточным продолжением Аскизской мульды. Северное крыло Бейской мульды простого строения, с углами падения пластов 5-13°, которые к западу увеличиваются до 40-60°. Западная часть мульды осложнена дизъюнктивными нарушениями, а в подстилающих продуктивную толщу отложениях отмечаются складки с крутыми крыльями и зоны дробления. Южное крыло сложное, субширотно ориентированное, осложнено сбросами субширотного простирания, с амплитудой 30 м и мелкими нарушениями с амплитудой 0,2-2,0 м. Углы падения пластов увеличиваются с запада на восток от 20 до 40°, в центре синклинали выполаживаются до 10°.

Основание продуктивной толщи, как и на других месторождениях Южно-Минусинской впадины, сложено конгломератами, нижняя часть которых выделена в соленоозерскую свиту. Конгломераты соленоозерской свиты (C₁₅₀) залегают на зеленовато-серых алевролитах подсиньской свиты. Верхняя граница проводится по подошве мощной пачки конгломератов или песчаников с линзами конгломератов, выше угольных пластов и пропластков. Отложения свиты представлены конгломератами, песчаниками, гравелитами (70 %), содержащими углистые аргиллиты, алевролиты, 10 угольных пластов и пропластков мощностью 0,1-3,5 м, концентрации сидерита. Мощность отложений 70-80 м.

Сарская свита (C_{1-2sr}) – сложена светло-серыми, голубовато-серыми алевролитами (50 %), чередующимися с зеленовато-серыми песчаниками (23), гравелитами, конгломератами (17), темно-серыми углистыми аргиллитами (1,5). В основании разреза отмечается мощная маркирующая пачка крупногалечниковых конгломератов. Обломочный материал плохо сортирован, удовлетворительно и плохо окатан. Она подразделяется на две подсвиты, с границей по кровле пласта 0. Нижняя подсвита сложена грубообломочным комплексом пород (песчаниками с прослоями алевролитов, линзами конгломератов) и содержит восемь угольных пластов мощностью 0,7-2,1 м и два-три угольных пропластка – 0,1-0,3 м. Мощность подсвиты – 70-80 м.

Верхнесарские отложения представлены преимущественно алевролитами (67 %), содержащими прослой песчаников, гравелитов, редко конгломератов, оолиты сидерита и равномерно распределенными по разрезу угольные пласты и пропластки мощностью 0,1-2,9 м. По сравнению с нижней подсвитой здесь возрастает мощность междупластий и количество тонкообломочного материала в верхней части разреза. Мощность отложений 120-130 м. Полная мощность отложений сарской свиты 200-220 м.

Черногорская свиты ($C_2\delta r$) – нижняя граница проводится по кровле пласта 6, в основании пачки песчаников, иногда содержащие линзы мелкогалечниковых конгломератов. Она подразделяется на две подсвиты с границей по кровле пачки песчаников, разделяющих угольные пласты 11 и 12. Нижняя подсвита сложена чередующимися пачками песчаников (50-60 %), алевролитов (30-40), содержащих прослой углистых алевролитов и аргиллитов, иногда линзы конгломератов и сингенетических брекчий, 10-11 угольных пластов и пропластков, приуроченных к средней части разреза подсвиты. Мощность отложений – 100-130 м.

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

Побережная свита (C_3pb) – сложена темно-серыми, черными листоватыми аргиллитами (40-50 %), тонкослоистыми алевролитами (20-30), содержащими прослой светло-серых песчаников (15-25). Вверх по разрезу увеличивается количество псаммитового материала и мощности песчаниковых прослоев (до 10 м). Отмечаются горизонты пепловых туфов, конкреции сидерита. Обломочный материал хорошо окатан и сортирован. Мощность отложений 90-100 м.

Белоярская свита (C₃bl) – нижняя граница проводится по почве угольного пласта 21, верхняя – по подошве пачки песчаников с прослоями конгломератов, перекрывающих угольный пласт 35. Она подразделяется на две подсвиты с границей по кровле угольного пласта 30. Нижняя подсвита представлена чередованием пачек серых алевролитов (48-71 %), песчаников (22-35), темно-серых аргиллитов (10-16), угольных пластов и пропластков, из которых половина имеет мощность менее 1,0 м. В верхней половине разреза угольные пласты распределены равномерно. Мощность отложений – 300-340 м. Верхняя подсвита сложена темно-серыми алевролитами (65-70 %), чередующимися с песчаниками (25), аргиллитами, в том числе углистыми (1), угольными пластами и пропластками, равномерно распределенными по разрезу, мощностью 0,1-4,2 м. Породы характеризуются слабой цементацией; преобладает глинистый цемент. Мощность подсвиты – 190-210 м, общая – 510-550 м.

Нарылковская свиты (P₁nr) – представлена переслаиванием темно-серых алевролитов (43 %), песчаников (37), аргиллитов (7), углей (11), конгломератов (2). Сохранились от размыва угольные пласты 36-42 средней мощностью 1,5-3,0 м, наиболее мощный пласт 36 (6-9 м). Мощность отложений 135 м.

В восточной части месторождения угленосные отложения перекрывают четвертичные пески, супеси с примесью мелкого щебня, суглинки, глины (2-3 м в пределах восточной части участка «Чаплан»). В центральной части и западной периферии месторождения широко распространены аллювиальные гравийно-галечные обводненные отложения с прослоями песка и супеси мощностью 1,5-27,5 м, в среднем 15,5 м, перекрытые суглинками и супесями мощностью 0,6-8,6 м, в среднем 2-3 м. Общая мощность рыхлых отложений достигает на отдельных участках 40 м.

1.3.2 Черногорское месторождение

Месторождение расположено на левобережье р. Енисей в 10 км северо-западнее устья р. Абакан, занимает площадь 250 км² и административно входит в Усть-Абаканский район Республики Хакасия. Его пререзает р. Енисей с притоками Абакан, Ташеба, Биджа. Геоморфологически вся площадь месторождения подразделена на две части: долинную и береговую. Долинная (юго-восточная) часть располагается под верхними террасами широких долин рек Абакан и Енисей, имеющими равнинный рельеф. На северо-западе площади рельеф кустово-грядовый, отражающий геологическое строение района (холмы и сопки сложены устойчивыми к выветриванию породами). С севера площадь месторождения ограничена Кунинским хребтом (рис.1.1).

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

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

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

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

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

В основании разреза прослеживается мощная (20-35 м) пачка песчаников с линзами гравелитов и конгломератов. Выше залегают серые, темно-серые алевролиты с маломощными прослоями песчаников и 12 угольными пластами и пропластками. Мощность нижней подсвиты 90-110 м. Верхняя подсвита – самая угленасыщенная часть разреза продуктивной толщи и содержит промышленные пласты углей. Подсвита состоит из темно-

серых, серых алевролитов с прослоями серых песчаников, иногда с линзами конгломератов, гравелитов. Мощность верхней подсвиты 140-150 м, полная мощность отложений свиты – 230-240 м.

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

Белоярская свита (C_3bl) – связана с береговой постепенными переходами. Нижняя граница фиксируется по подошве маломощной пачки песчаников, залегающих в основании угольного пласта «Новый». В нижней части разреза свиты, в пачке темно-серых алевролитов и аргиллитов, содержащих маломощные прослои темно-серых песчаников, залегают два угольных пласта «Новый» и «Малый» мощностью 0,9-2,5 м. Эти угольные пласты завершают береговой макроритм и генетически связаны с отложениями береговой свиты. Выше залегают мощные пачки серых, светло-серых песчаников, чередующихся с маломощными пачками алевролитов в соотношении 2:1. Они содержат прослои пепловых туфов, мергелей и невыдержанные угольные пласты. Мощность отложений 80-90 м.

1.3.3 Изыхское месторождение

Район месторождения является наиболее заселенной частью Республики. 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. 1.1).

В Изыхской мульде вскрывается полный (1800 м) разрез продуктивной толщи от соленоозерской до изыхской свит включительно. Угленосные отложения сложены алевролитами (51,8 %), песчаниками (29), аргиллитами (11,1), углями (5,9) и гравелитами, конгломератами, известняками.

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 прослой 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 прослой 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 прослой 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 (I по УП включительно) мощностью до 3,5-7,0 м. В составе отложений преобладают алевролиты с прослоями углистых алевролитов и аргиллитов, темно-серых песчаников. 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 прослой черных листоватых аргиллитов бассейновых фаций появляются выше угольного пласта VI. В составе отложений преобладают темно-серые слюдистые алевролиты, черные хлорит-гидрослюдистые аргиллиты, содержащие прослой

олигомиктово-кварцевых песчаников с гидрослюдисто-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 аркозово-кварцевых, редко полевошпат-граувакковых с гидрослюдистым и карбонатным цементом, черных хлорит-гидрослюдистых и углистых аргиллитов, многочисленные конкреции сидерита и бурого железняка. Подсвита содержит достаточно выдержанные пласты с IX по XVII включительно мощностью от 0,2-0,4 до 1,75-5,85 м, равномерно распределенные по разрезу. 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^а и XXII^б, 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^а 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, с подчиненными прослоями песчаников (0,6-3,0 м), углистых аргиллитов, 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 верхненарыльковской подсветы. 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 (100-110 м) 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.

1.4 Угленосность Минусинского бассейна

В современном структурном плане угленосные пермокарбонные отложения Минусинского бассейна приурочены к изолированным мульдам Южно-Минусинской впадины. Палеоседиментационный бассейн, с угленосным типом осадконакопления, совпадал по площади предположительно с нижнекаменноугольным бассейном, поэтому современный внешний контур бассейна проводится по подошве

нижнекаменноугольных отложений, залегающих несогласно на девонских комплексах пород.

В продуктивной толще Минусинского бассейна выделяется 87 местных горизонтов угленакопления, которым приурочены 122 угольных пласта и пропластка, из них 35 являются сближенными и представляют спутники основных пластов или расщепившиеся угольные пачки, или два-три самостоятельных сближенных пласта и пропластка [13].

Горизонты угленакопления, если они сохранились от размыва, прослеживаются во всех мульдах Южно-Минусинской впадины. Их выдержанность объясняется устойчивостью тектонических процессов и фациальных обстановок осадко- и торфонакопления на площади бассейна. Горизонт угленакопления фиксирует кровлю цикла, завершающегося, как правило, угольным пластом или пропластком, а цикл в целом отражает колебательный тектонический процесс.

Тектонические условия, сложившиеся на территории Минусинского прогиба, контролировали распределение фациальных обстановок на площади, мощность отложений, включая мощности угольных пластов.

Угли бассейна каменные, по марочному составу изменяются от длиннопламенных (Черногорское месторождение), переходных от длиннопламенных к газовым (Изыхское и Бейское месторождения) до газовых (Аскизское месторождение).

Общие геологические запасы углей бассейна оцениваются в 22078 млн. т, из них для открытых работ 3644 млн. т. Прогнозные ресурсы составляют 16727 млн. т (все они для подземных работ). Российским балансом по состоянию на 01.01.1999 г. по бассейну учтено 5303 млн. т угля, из них по категориям А+В+С – 4909, С₂ – 394 млн. т и забалансовых 4003 млн. т.

Минусинский бассейн принадлежит к освоенным угольной отраслью промышленности и характеризуется благоприятными горно-геологическими условиями разработки как открытым, так и подземным способом. В настоящее время разрабатываются Черногорское, Изыхское и Бейское месторождения.

Минусинский каменноугольный бассейн является достаточно крупной и надежной топливно-энергетической базой Восточной Сибири.

1.4.1 Угленосность Бейского месторождения

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

На восточном замыкании мульды, на участке «Чалпан», продуктивная толща вскрыта на глубину 495 м и включает 20 пластов от 8 до 20' суммарной мощностью 42-43 м, из них 12 угольных пластов являются рабочими: 15, 16', 16^а, 16^а, 16, 18, 19', 19, 19^а', 19^а, 19^в, 20' (пласты черногорской свиты). Они характеризуются сложным строением (от 2 до 5 угольных пачек), непосредственным количеством породных прослоев от 0,05 до 0,95 м. Иногда угольные пласты сливаются или расщепляются, образуя угольные рабочие комплексы из 2-3 пластов.

Западнее, на участках северного крыла мульды – «Майрыхском» и «Кирбинском», продуктивная толща вскрыта на глубину 465,3 м. Наиболее угленасыщенные – отложения черногорской свиты, которые содержат 20 угольных пластов суммарной мощностью 50 м, из них 14 (от 20' до 12) – рабочие с мощностью междупластий 1-31 м. Пласты сложного строения, реже простого и содержат от двух-трёх до пяти-шести угольных пачек, с породными прослоями мощностью 0,05-1,0 м. Пласты могут расщепляться и сливаться, образуя рабочие угольные комплексы. Промышленные (для открытой отработки) – угольные пласты 20', 19^в, 19^б, 19, 18, 17, 16^а, 16, 15^а, 15, залегающие в средней части свиты.

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

Общая мощность продуктивных отложений месторождения увеличивается с востока на запад от 707 (участок «Чалпан») до 1126 м (участок

«Западный») и в центральной части месторождения составляет 1374 м. В этом же направлении нарастает общая и рабочая угленосность, за исключением участка «Майрыхского», с самой низкой угленосностью отложений.

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

1.4.2 Угленосность Черногорского месторождения

Продуктивная толща содержит 48-50 угольных пластов и пропластков, из них 10 промышленного значения. Наибольшую промышленную ценность имеют пласты «Великан-I-II», «Мощный», «Гигант-I-III». Ранее отрабатывались пласты «Малый», «Новый», «Двухаршинный», «Совхозный». Максимальная угленосность отмечается на юго-западной и западной площадях месторождения.

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

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

1.4.3 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.

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 10530 млн. т (все для открытых работ). Из общего количества балансовых запасов промышленностью освоено 2,4 %.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика исследований угольных месторождений включает в себя опробование, пробоподготовку, лабораторно-аналитические исследования, методы обработки и интерпретации результатов.

Исходным материалом для исследований послужили пробы углей и вмещающих пород, отобранные в период с 2014 по 2017 года на действующих угольных предприятиях Минусинского бассейна.

Всего было отобрано 456 проб угля и углевмещающих пород по всему Минусинскому угольному бассейну. В том числе 294 пробы были отобраны с Бейского месторождения (разрез Аршановский и Восточно-Бейский), 70 проб отобрано с Изыхского месторождения (разрез Изыхский и Белоярский) и 92 пробы – с Черногорского разреза (Черногорское месторождение).

В ходе исследования углей Минусинского бассейна детально изучен элементный состав угольных пластов. Построена корреляционная схема Южно-Минусинской впадины по содержанию ртути в угольных пластах.

2.1 Опробование угленосных отложений

Массовое опробование доступных для исследования угольных пластов и углевмещающих пород на Черногорском, Изыхском и Белоярском, Аршановском и Восточно-Бейском разрезах проводилось с помощью бороздового способа.

Этот способ наиболее широко применяется при опробовании рудных тел в естественных обнажениях и горных выработках (канавах, шурфах, шахтах, штольнях и т. д.) на всех стадиях поисково-разведочных и эксплуатационных работ. Целью бороздового способа является выяснение минерального и химического состава руд. Большую роль играет при этом способе опробования выбор направления борозды. Оно должно обязательно совпадать с направлением максимальной изменчивости (невыдержанности) распределения оруденения в рудном теле. Таким направлением в большинстве случаев является направление истинной мощности рудного тела или, как

говорят, вкрест простирания рудного тела. При отборе бороздовой пробы (борозды) очень важно производить равномерный отбор материала по всей длине пробы, независимо от твёрдости горных пород, слагающих рудное тело.

В горных выработках бороздовое опробование производится в зависимости от условий залегания рудных тел и вмещающих горных пород. Так, при крутопадающих рудных телах (например, жилах) в канавах и других горизонтальных горных выработках (штольни, штреки и др.) они опробуются по забою, кровле или подошве выработок. В вертикальных горных выработках (шурфы, шахты, восстающие и др.) чаще опробуются их забои и стенки [2].

Опробование выполнялось по сечениям вкрест простирания угольного пласта по направлению от кровли к почве или от почвы к кровле. При изучении угольных пластов избирательно опробовались кровля и почва пласта, прослой неугольных пород, прикровельные и припочвенные части угольных пластов.

Пробы углей отбирались в зависимости от мощности пласта методом сплошной борозды. Длина бороздовой пробы колебалась от 0,1 до 1,0 м, ширина борозды – 0,05 м. В отдельных сечениях выполнялась детализация разреза с интервалом отбора проб 0,5–10 см. При этом длина борозды определялась в соответствии с наличием разнородных угольных пачек, прослоев неугольных пород, наличием зон повышенной трещиноватости, зон окисления, т.е. зон возможных геохимических барьеров (рис. 2.1).

Наиболее протяженные по длине интервалы характеризовали однородные угли наиболее мощных пластов.

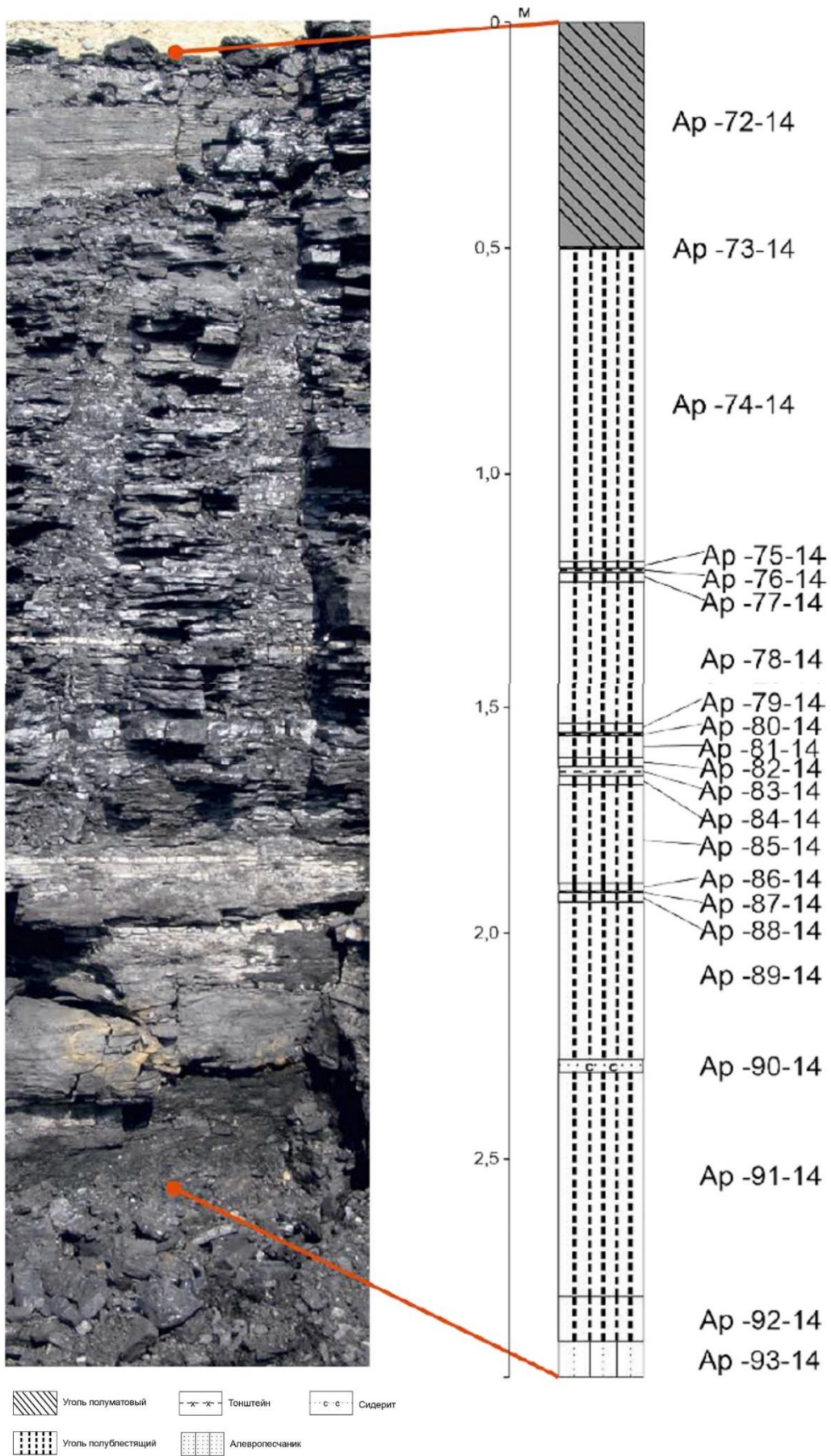


Рисунок 2.1 – Схема опробования пласта 15, Бейское месторождение

Всего из угольных пластов и углевмещающих пород по Минусинскому угольному бассейну отобрано 456 проб. Из них 389 проб угля и 67 проб углевмещающих пород.

Таким образом, выполнено опробование всех основных доступных для опробования угольных пластов. На Бейском месторождении было опробовано 13 угольных пластов (15', 15, 16', 16, 16а, 17', 17, 18, 18^а, 19, 19^а, 19^б, 19^в) общее количество проб составило 294 пробы, на Изыхском месторождении выполнено опробование 7 угольных пластов (XXX^б, XXX^а, XXX, XXVIII, XXIII, XXIII^а, XXII^б) и отобрано 70 проб и на Черногорском месторождении опробовано 6 угольных пластов (Малый, Двухаршинный, Безымянный, Великан-1, Мощный, Гигант-1) количество проб составило 92.

2.2 Лабораторно-аналитические исследования

2.2.1 Пробоподготовка

Пробоподготовка заключалась в дроблении, квартовании и истирании проб для аналитических навесок. Дробление выполнялось на щековых дробилках, истирание – на виброистирателе производства ВИМС «ИВ Микро». Рабочее место оснащено системой вентиляции (рис. 2.2).

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



Рисунок 2.2 – Виброистиратель

2.2.2 Атомно-абсорбционный анализ методом «холодного пара»

Содержание ртути в угле и углевмещающих породах определяли методом беспламенной атомной абсорбции на приборе «РА-915+» с пиролитической приставкой «ПИРО-915+» (рис. 2.3) с использованием пакета программ RA915P (ПДН Ф 16.1:2.23-2000) в сетевом центре коллективного пользования Национального исследовательского Томского политехнического университета (СЦКП).



Рисунок 2.3 – Анализатор ртути РА-915+ с пиролитической приставкой «ПИРО – 915+»

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

Принцип действия приставки ПИРО-915+ основан на восстановлении до атомарного состояния содержащейся в пробе связанной ртути методом пиролиза без предварительной минерализации и последующем переносе

образовавшейся атомарной ртути из атоизатора в аналитическую кювету газом-носителем (воздухом).

Регистрация атомов ртути осуществляется анализатором РА-915+, при этом результат анализа выводится на компьютер. Массовая доля ртути в пробе определяется по величине интегрального аналитического сигнала с учетом предварительно установленного градуировочного коэффициента, полученного эмпирическим способом на основе измерений проб образца с известным содержанием ртути. При определении массовой доли ртути в твердых объектах для градуировки использовали стандартные образцы Premium JCRM ES-6 ($C_{\text{атт.}}=24\pm 7$ мкг/кг, $C_{\text{изм.}}=20\pm 10,8$ мкг/кг); Premium JCRM ES-2 ($C_{\text{атт.}}=116\pm 4$ мкг/кг, $C_{\text{изм.}}=121\pm 29$ мкг/кг).

Навески предварительно измельченных и высушенных при комнатной температуре образцов угля составляли 50-70 мг. Границы относительной погрешности измерений составили 20–28%, в зависимости от массовой доли ртути в образцах, при доверительной вероятности 0,95 и двух параллельных измерениях.

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии исследовано 389 проб угля и углевмещающих пород.

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

Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) выполнен в ООО «Химико-аналитический центр «Плазма» (исполнитель Н.В. Федюнина) на установке Agilent 7500сх производства Agilent Technologies, Япония. Лаборатория аккредитована в системе Госстандарта России.

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

Перед анализом проба измельчается до 0,071 мм. Методом квартования отбирается навеска 1-5 г в фарфоровый тигель и помещается в холодную муфельную печь. Постепенно повышают температуру до 500 °С и обжигают пробы 2 часа. Низкие температуры озоления обеспечивают сохранность элементов-спутников в золе угля.

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

Непосредственно перед ICP-MS анализом пробу разбавляют. Коэффициент разбавления составляет 1000.

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

Масс-спектральное определение содержания элементов в анализируемых образцах проводят при следующих параметрах работы Agilent 7500cx, Agilent Technologies, Япония (табл. 2.1).

Для достижения максимальной чувствительности масс-спектрометра в рабочем диапазоне масс проводят настройку прибора с использованием

раствора, содержащего по 1 мкг/л Li, Mg, Y, Ce, Tl и Co. Для обеспечения стабильного режима работы спектрометра необходимо обеспечить постоянный температурный режим в лабораторном помещении во время измерений. Изменение температуры при измерениях не должно превышать 1,5 °С.

Таблица 2.1 – Параметры работы Agilent 7500cx, Agilent Technologies

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

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

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

Всего исследовано 259 проб углей и углевмещающих пород.

2.2.4 Другие методы анализа

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

2.3 Методика обработки информации

Накопление и обработка аналитических данных проводилась с использованием программ «Microsoft Excel». При статистической обработке данных проводились корреляционный, дисперсионный, факторный и кластерный анализы. Для визуализации полученных данных было использовано программное обеспечение «КОМПАС-3D v17».

Выбранный комплекс аналитических методов позволяет с высокой надежностью выполнить анализ содержания ртути и других химических элементов, как в самих углях, так и во вмещающих их породах. Оценить формы нахождения ртути, ее закономерности распределения и условия концентрирования.

Полученные результаты определения валового содержания ртути в углях статистически обрабатывались и рассчитывались средние значения для угольных пластов и месторождения в целом. Для оценки содержания ртути в пластах была использована методика расчета средневзвешенного содержания с учетом мощности интервалов опробования.

Средневзвешенное содержание определялось по формуле:

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

где m_c – измеренное содержание элемента в пробе;

m – мощность интервала опробования.

3 ГЕОХИМИЯ РТУТИ В УГЛЯХ МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА

В настоящее время, возросшие требования к экологической безопасности топливной энергетики предопределили необходимость проведения комплексных геохимических исследований в Минусинском угольном бассейне.

Необходимость изучения ртути в углях обусловлена ее высокой токсичностью и способностью легко переходить из твердого состояния в газообразное в результате термического воздействия [2]. Исследования геохимии данного элемента в природных средах ограничиваются возможностями аналитических методов. Из-за низкого кларка ртути спектральный анализ здесь, как правило неэффективен. Изучение накопления Hg в углях традиционными методами, включающими стадию озоления пробы с целью концентрации элементов, вообще не имеет смысла, т.к. в этом случае при температурном воздействии теряется до 90% металла и более [2, 16,17]. В настоящее время появились методы, позволяющие надежно определять ртуть в углях с пределом обнаружения 10^{-6} - $10^{-7}\%$, такие как атомно-абсорбционный анализ метод «холодного пара».

В виду малочисленности имевшихся к 1985 г. данных и с учетом того, что ртутоносные угли анализировались гораздо чаще, чем угли с фоновыми содержаниями Hg, кларки ртути были оценены весьма приблизительно: 0,1-0,2 г/т для бурых и $\sim 0,3$ г/т для каменных углей с неопределенной погрешностью. Но в 2004 г. М. П. Кетрис произвела расчет новых угольных кларков ртути на основании около 90 выборок для каменных углей (около 48,6 тыс. анализов) и 48 выборок для бурых углей (около 3,6 тыс. анализов):

- каменные угли: $0,10 \pm 0,01$ г/т (уголь) и $0,88 \pm 0,08$ г/т (зола);
- бурые угли: $0,10 \pm 0,01$ г/т (уголь) и $0,58 \pm 0,06$ г/т (зола) [17].

3.1 Содержание ртути в углях и углевмещающих породах бассейна

Распределение ртути в разрезе угленосных отложений Минусинского бассейна неравномерно. Содержание ртути как среднее по разрезу, составляет 0,079 г/т (табл. 3.1). Эта величина близка к ее кларку для каменных углей.

Таблица 3.1 – Среднее содержание ртути в углях Минусинского бассейна

Свита	Содержание Hg, г/т
Изыхская	0,052
Нарылковская	0,088
Белоярская	0,042
Черногорская	0,135
<i>Среднее для разреза</i>	0,079

Исходя из таблицы 3.1 наиболее высокое среднее содержание ртути характерно для углей черногорской свиты (0,135 г/т), которое выше кларка, установленного для каменных углей (0,1 г/т), а наиболее низкое – для белоярской свиты (0,042 г/т).

В результате проеденных исследований было установлено, что среднее содержание ртути для разреза, которое составляет 0,079 г/т, почти в 2 раза превышает оценку полученную в процессе более ранних исследований (0,042 г/т) [2, 17, 19]. Такое расхождение обусловлено тем, что использовалось более современное оборудование и исследовалось большее количество проб.

Латеральная изменчивость, по-видимому, не столь существенна. Среднее содержание ртути в углях закономерно увеличивается от Бейского (0,06 г/т) к Изыхскому (0,07 г/т) и Черногорскому (0,13 г/т) (табл. 3.2). Проведенные исследования имеют очень высокую сходимость с ранее имеющимися результатами: среднее содержание ртути для Бейского месторождения 0,04 г/т, для Изыхского – 0,06 г/т и для Черногорского – 0,1 г/т [2].

Таблица 3.2 – Среднее содержание ртути в углях Минусинского бассейна

Месторождение	Содержание Hg, г/т
Бейское	0,059
Изыхское	0,073
Черногорское	0,132

Углевмещающие породы в среднем содержат 0,104 г/т ртути (табл. 3.3). Эта величина немного превышает ее кларк в земной коре (0,08 г/т) и существенно ниже среднего содержания для осадочных пород.

Таблица 3.3 – Содержание ртути в углевмещающих породах

Порода	Кол-во проб	Содержание Hg, г/т
Алевролит	10	0,066
Аргиллит	6	0,088
Песчаник	3	0,059
Железистый песчаник	1	0,133
Туф	1	0,047
Сидерит	6	0,017
Углистый алевролит	3	0,041
Углистый аргиллит	3	0,382
<i>Среднее для бассейна</i>	33	0,104

*среднее для осадочных пород – 0,4 г/т [Справочник..., 1990]

Среди разностей пород наиболее высокое содержание ртути отмечается для углистого аргиллита (0,382 г/т), а самое низкое – для сидерита (0,017 г/т). В единственной пробе железистого песчаника также установлено высокое содержание Hg. Однако природа этой аномалии не очевидна.

3.2 Закономерности распределения ртути в Минусинском бассейне

3.1.1 Бейское месторождение

В настоящее время на Бейском месторождении вскрыто и отрабатывается 12 угольных пластов. Угли каменные марки Д, энергетические. Зольность углей (A^d) Бейского месторождения изменяется в значительных пределах: от 3,9 до 31,1 %. Средняя зольность угольных пластов составляет 13,1%. Наименьшая зольность отмечается в пластах 17 (3,9 %) и 18

(6,4 %), а наибольшая зольность – от 21 до 31 % в пластах 19-19^б соответственно (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Среднее содержание ртути в углях Бейского месторождения

Номер пласта	Hg, мг/т	A ^d , %
19 ^б	22,0	19,0
19 ^б	130,8	31,1
19 ^а	54,6	26,3
19	45,4	21,5
18 ^а	115,3	8,2
18	85,8	6,4
17	51,8	3,9
17'	32,9	11,0
16 ^а	35,2	8,8
16	28,5	10,6
16'	33,4	8,2
15	83,7	7,3
15'	44,5	7,5
<i>Среднее для месторождения</i>	58,8	13,1

Распределение ртути в угленосных отложениях Бейского месторождения Минусинского каменноугольного бассейна крайне неравномерно (рис. 3.1). Величина среднего содержания ртути по пластам варьирует от 28,5 мг/т (пласт 16) до 131 мг/т (пласт 19^б), тогда как среднее для месторождения составляет 58,8 мг/т, что почти в два раза меньше кларка (100 мг/т). По результатам исследований, приведенных в таблице 3.4 и на рисунке 3.1, мы видим, что среднее содержание ртути в пластах 18а и 19 превышает более чем в 2 раза среднее содержание ртути для месторождения, а также отмечается превышение над кларком для каменных углей. Для пластов 15', 16', 16, 16^а, 17', 17, 19, 19^а содержание ртути не превышает среднего значения для месторождения.

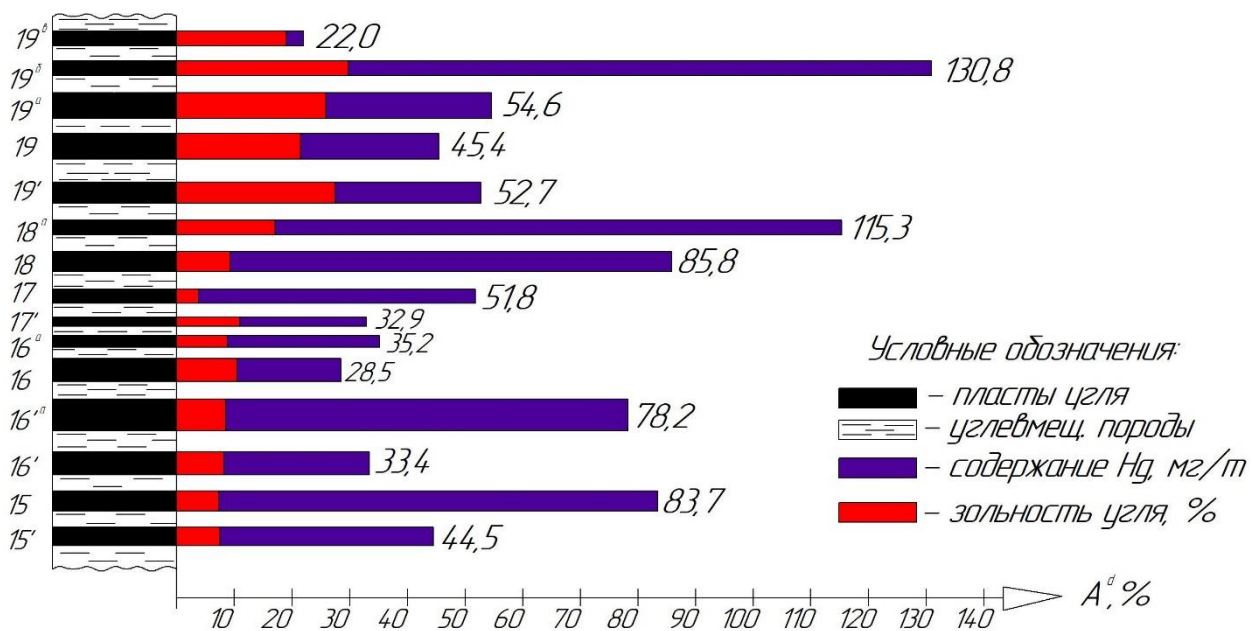


Рисунок 3.1 – Средневзвешенное содержание ртути и зольность угольных пластов Бейского каменноугольного месторождения

В разрезе пластов распределение ртути еще более неравномерно (рис. 3.2). Повышенные содержания ртути отмечаются в прикровельных и припочвенных его участках.

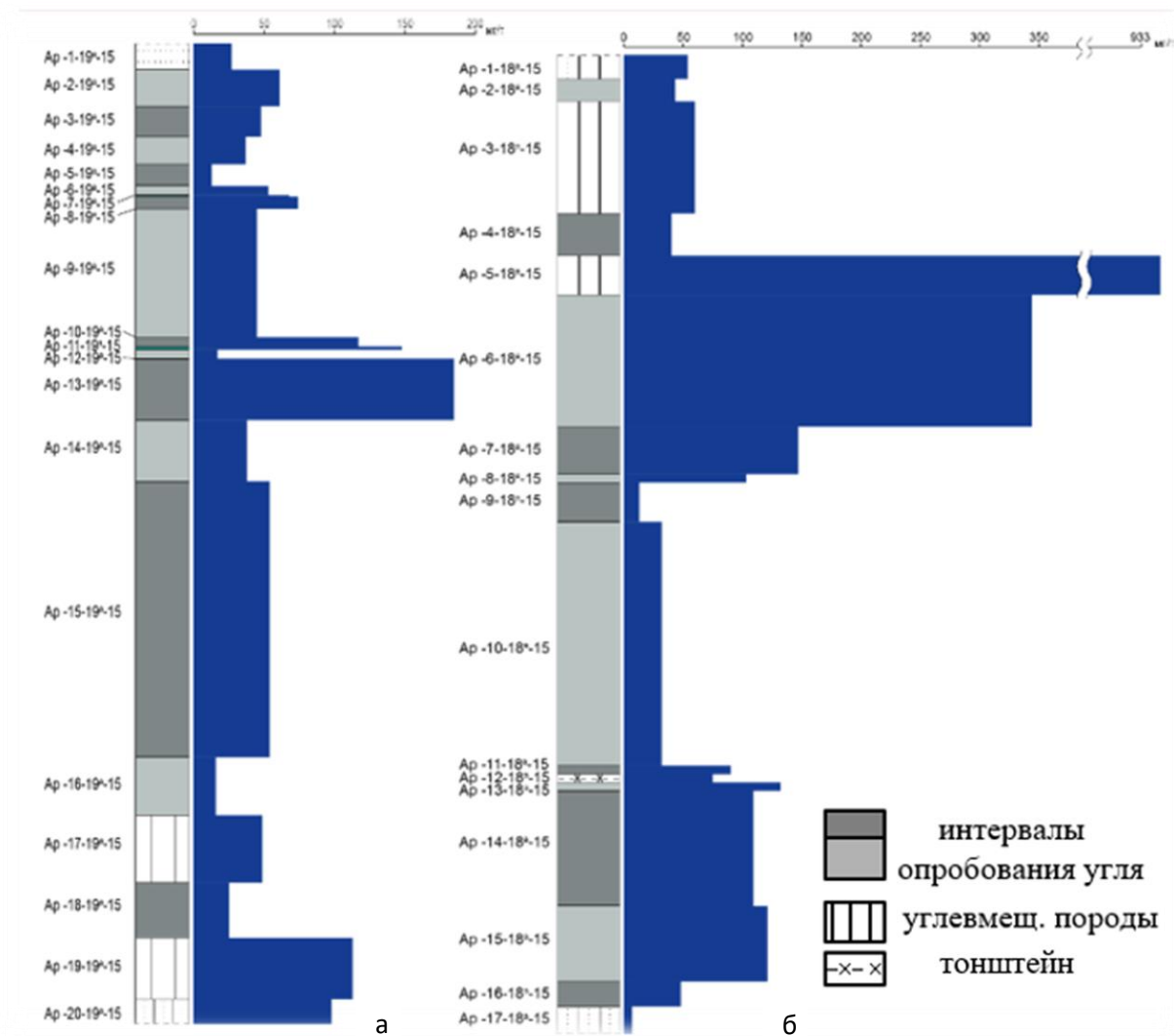


Рисунок 3.2 – Распределение ртути в разрезе пластов Бейского месторождения: а – пласт 19^а; б – пласт 18^а

3.1.2 Изыхское месторождение

На Изыхском месторождении для изучения доступны 7 пластов. Зольность углей данного месторождения варьируется в широком диапазоне от 6,7 % (пласт ХХШ) до 20,7 % (пласт ХХVІІІ) при среднем значении для угольных пластов 14,2 % (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Среднее содержание ртути в углях Изыхского месторождения

Пласт	Hg, мг/т	A ^d , %
ХХХ ^б	58,6	20,2
ХХХ ^а	37,9	16,0
ХХХ	58,6	12,1

XXVIII	53,8	20,7
XXIII ^a	91,3	15,4
XXIII	82,0	6,7
XXII ^b	126,0	8,5
<i>Среднее для месторождения</i>	72,6	14,2

Распределение ртути в угленосных отложениях Изыхского месторождения Минусинского каменноугольного бассейна неравномерно (рис. 3.3). Средние содержания ртути по пластам варьирует от 37,9 мг/т (пласт XXX^a) до 126 мг/т (пласт XXII^b), тогда как среднее для месторождения составляет 72,6 мг/т, которое меньше кларка (100 мг/т) для каменных углей. По результатам исследований, приведенных на рисунке 3.3, мы видим, что среднее содержание ртути в угольном пласте XXII^b со средним содержанием ртути 0,13 г/т превышает кларк для каменных углей (0,1 г/т).

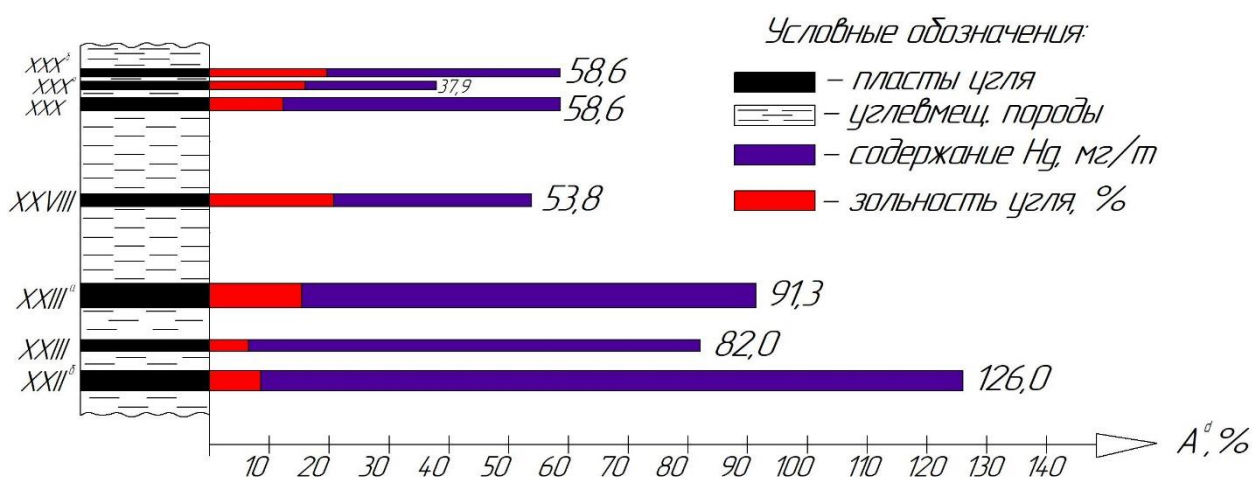


Рисунок 3.3 – Средневзвешенное содержание ртути и зольность угольных пластов Изыхского каменноугольного месторождения

Также можно заметить, что средние содержания ртути в разрезе в угольных пластах по Изыхскому месторождению в нижней части разреза превышают среднее содержание для месторождения, а в верхней части разреза содержание ртути по пластам, наоборот, меньше среднего значения для данного месторождения.

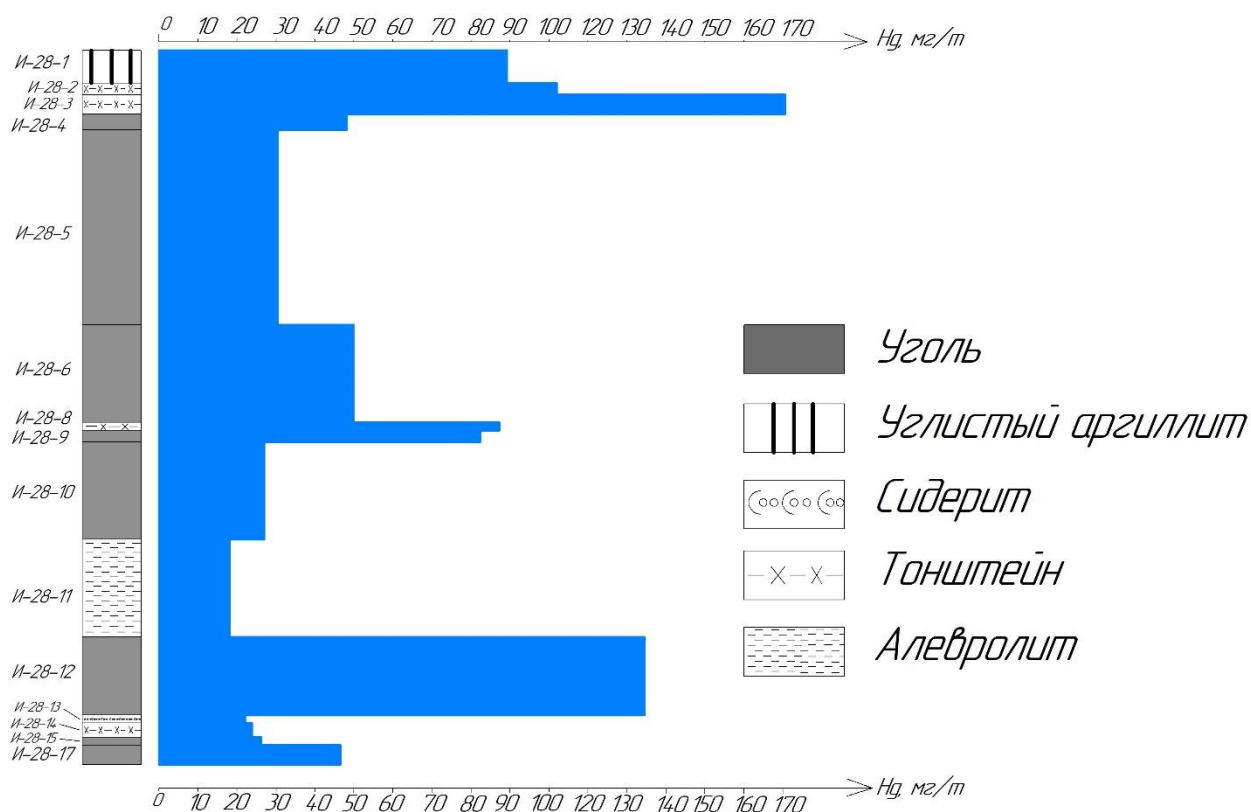


Рисунок 3.4 – Распределение ртути в разрезе XVIII пласта, Изыкское месторождение

Исходя из данных по рисунку 3.4, можно в очередной раз убедиться, что повышенные концентрации ртути приурочены к контакту угля с углевмещающими породами.

3.1.3. Черногорское месторождение

На Черногорском месторождении доступны для изучения 6 угольных пластов. Содержание золы в углях данного месторождения изменяется в пределах: от 13,0 до 42,2 %. Средняя зольность угольных пластов составляет 25,4 %. Наименьшая зольность отмечается в пластах Малый (13,0 %) и Двухаршинный (14,4 %), а наибольшая зольность – 42,2 % в пласте Великан-I (табл. 3.6).

Таблица 3.6 – Содержание ртути в углях Черногорского месторождения

Пласт	Hg, мг/г	A ^d , %
Малый	41,5	13,0
Двухаршинный	258,4	14,4

Безымянный	66,6	25,6
Великан-I	87,3	42,2
Мощный	259,3	15,0
Гигант-I	76,0	25,4
<i>Среднее для месторождения</i>	131,5	22,6

Распределение ртути в угленосных отложениях Черногорского месторождения Минусинского каменноугольного бассейна крайне неравномерно (рис. 3.5). Величина среднего содержания ртути по пластам варьирует от 41,5 мг/т (пласт Малый) до 259,3 мг/т (пласт Мощный), тогда как среднее для месторождения составляет 131,5 мг/т, что превышает кларк (100 мг/т). По результатам исследований, приведенных в таблице 3.6 и на рисунке 3.5, мы видим, что среднее содержание ртути в пластах Двухаршинный и Мощный превышает почти в 2 раза среднее содержание ртути для месторождения, а также отмечается превышение над кларком более чем в 2,5 раза. Для пластов Малый, Великан-I, Безымянный и Гигант-I содержание ртути не превышает среднего значения для месторождения.

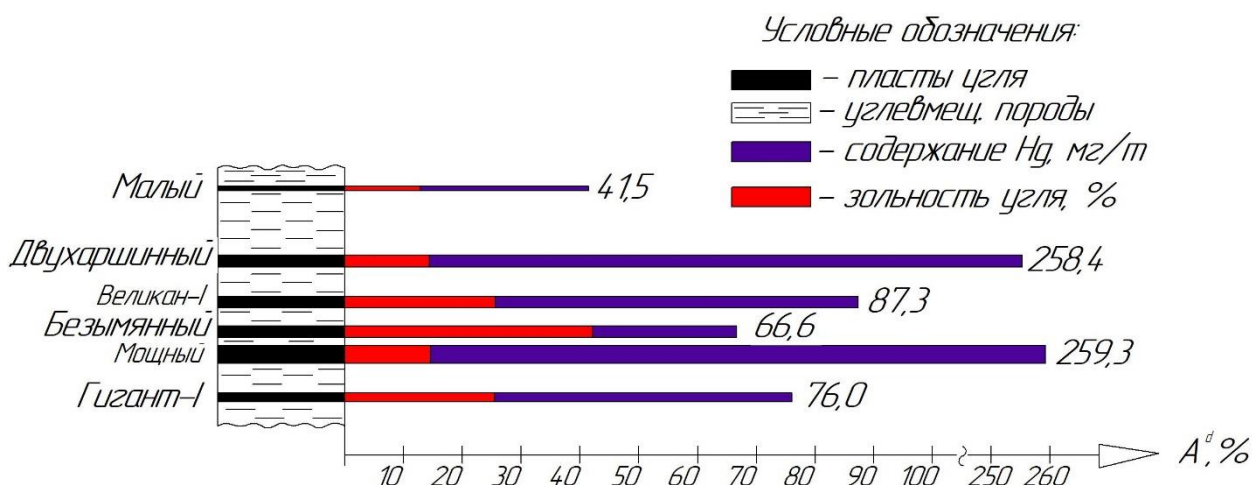


Рисунок 3.5 – Средневзвешенное содержание ртути и зольность угольных пластов Черногорского каменноугольного месторождения

Проанализировав данные по средним содержаниям ртути в угольных пластах Черногорского месторождения можно отметить, что повышенные

содержания ртути приурочены к черногорской свите (пласты Двухаршинный, Великан-I, Безымянный, Мощный и Гигант-I).

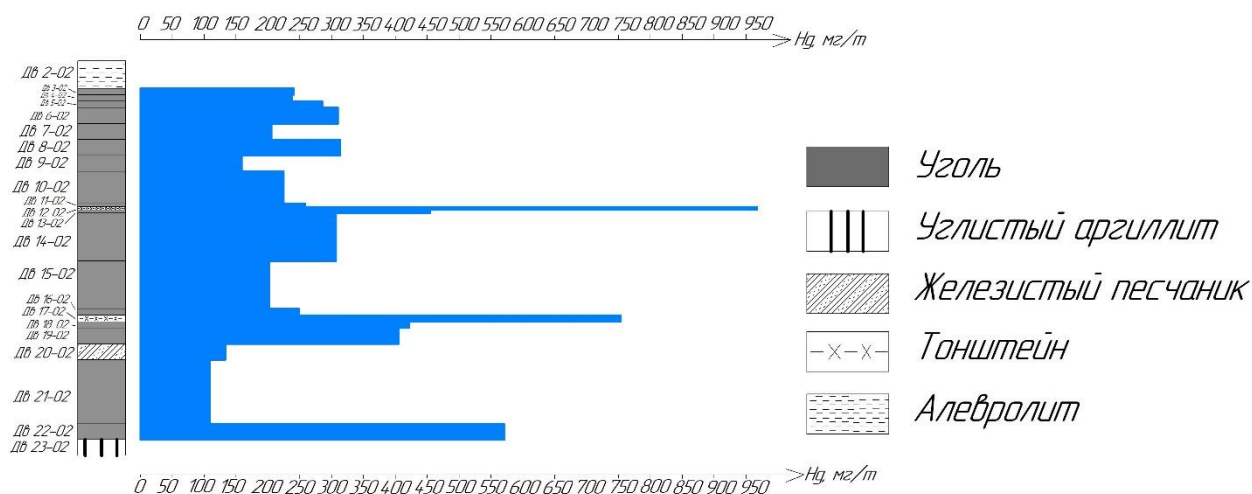


Рисунок 3.6 – Распределение ртути в разрезе Двухаршинного пласта Черногорского месторождения

3.3 Факторы распределения ртути в углях

В последние годы особое внимание уделяется оценке объемов экологически опасного загрязнения окружающей среды ртутью и ее соединениями, образующимися в результате добычи угля и его переработки. Соединения ртути являются одними из наиболее экологически опасных среди других потенциально токсичных микроэлементов, поступающих в окружающую среду при добыче и переработке горючего ископаемого. [18]

По мнению некоторых исследователей, содержание ртути в углях объясняется действием наложенных гидротермальных процессов, которые доставляли и осаждали ртуть и другие элементы в продуктивные слои. Гидротермальная активность вызывает генерацию определенных видов ртути в дополнение к сингенетическим в исходном растительном материале [21, 23].

Исходя из проведенных исследований, мы проверили распределение и соответствие угольных пластов по содержанию ртути в месторождениях Минусинского угольного бассейна (табл. 3.7.). Согласно данным приведенным в таблице 3.7 получилось, что, например, пласт Великан-I с

содержанием ртути 83,3 мг/т на Черногорском разрезе соотносится по содержанию ртути с пластом 19 ($C_{Hg} = 84,8$ мг/т) на Восточно-Бейском разрезе, что позволяет сделать вывод о том, что накопление угольных пластов на том и другом разрезе происходило в один и тот же промежуток времени. Такое же соответствие выявлено и для пласта 16 с содержанием ртути 78,2 мг/т на Восточно-Бейском разрезе и пласта Гигант-I ($C_{Hg} = 76,0$ мг/т).

Таблица 3.7 – Распределение и сопоставление угольных пластов по месторождениям Минусинского бассейна

Черногорское месторождение		Бейское месторождение			
Черногорский разрез		Восточно-Бейский разрез (Чаплан)		Аршановский разрез	
пласт	C_{Hg} , мг/т	пласт	C_{Hg} , мг/т	пласт	C_{Hg} , мг/т
Белоярская					
Малый	41,5	-	-	-	-
Черногорская					
Двухаршинный	258,4	-	-	-	-
Безымянный	66,6	-	-	-	-
Великан-I	87,3	19в	22,0	-	-
		-	-	19б	130,8
		19а	13,5	19а	58,6
		19	84,8	19	39,6
		19'	52,7	-	-
Мощный	259,3	-	-	18а	115,3
		-	-	18	85,8
-	-	-	-	17	51,8
-	-	-	-	17'	32,9
Гигант-I	76,0	16а	24,4	16а	38,2
		-	-	16	28,5
		-	-	16'	33,4
		16'а	78,2	-	-
-	-	-	-	15	83,7
-	-	-	-	15'	44,5

Так же одной из причин накопления ртути в углях можно назвать способность торфов к мощному поглощению ртути, которая научно доказана [17, 26]. Объяснение причин появления ртути в торфе называют как

человеческую деятельность (эмиссия ртути при распашке земель, при сжигании топлива и т.д.), так и вулканизм, и климатические изменения (включающие изменение количества осадков и атмосферного давления) [17, 26].

Поэтому не остается сомнений в том, что при наличии ртутьсодержащих вод (например, гидротермальных) или по близости от вулканических центров углеобразующие торфяники могли сингенетично обогащаться различными видами ртути. Если часть самородной ртути не полностью улетучивается при углефикации, то она может сохраниться и в каменном угле.

3.4 Роль полеовулканизма в накоплении ртути в углях

Тонштейны представляют из себя вулканогенные пирокластические горизонты в угольных пластах, преобразованные в условиях торфяной залежи в каолинитовые прослой относительно небольшой мощности (рис. 3.7) [5, 6, 7, 8].



Рисунок 3.7 – Тонштейн Бейского месторождения: а – пласт 16^а; б – пласт 15

Содержание ртути в тонштейнах и притонштейных горизонтах в углях может достигать аномальных значений по сравнению с другими участками пласта. Аномальную концентрацию имеет тонштейн пласта 19 на Восточно-Бейском разрезе Бейского месторождения (рис. 3.8). Согласно лабораторным исследованиям концентрация ртути в тонштейне достигает 8,54 г/т, которая в

значительной мере превышает кларк (0,1 г/т). В притонштейновых горизонтах в углях отмечается повышенное содержание ртути по сравнению с другими участками пласта. В надтонштейновом горизонте среднее содержание ртути равно 0,06 г/т, подтонштейновый горизонт содержит 0,22 г/т ртути, которое в несколько раз выше по сравнению с вышележащими горизонтами угля.

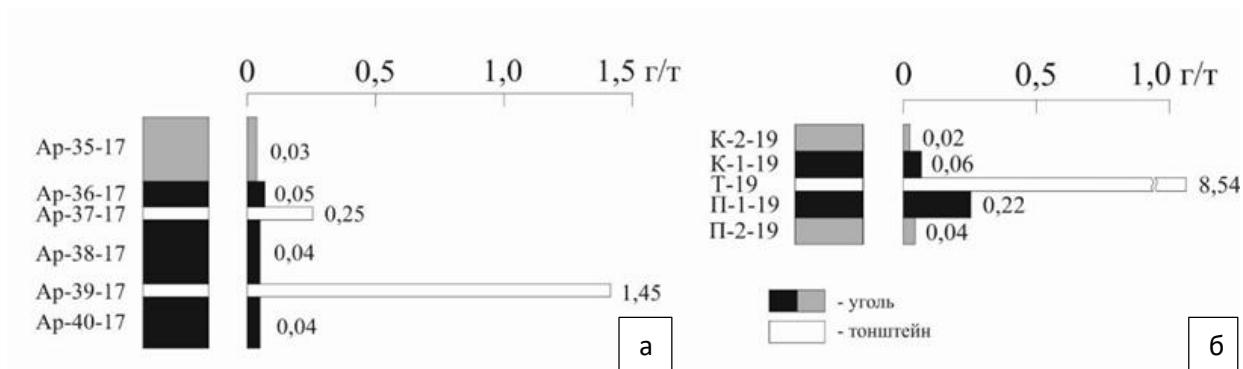


Рисунок 3.8 – Распределение ртути на участках пласта в районе тонштейнов пласт 19, Бейское месторождение:

а – Аршановский разрез; б – Восточно-Бейский разрез

Высокие средние содержания ртути отмечаются и в пласте 15, Бейского месторождения на контакте угля с тонштейнами (рис. 3.9). Содержание ртути в углях притонштейновых горизонтах составляет: надтонштейном – 28 мг/т, подтоштейном – 45 мг/т. Содержание ртути в тонштейне – 136 мг/т, которое чуть выше кларка для каменных углей (100 мг/т).

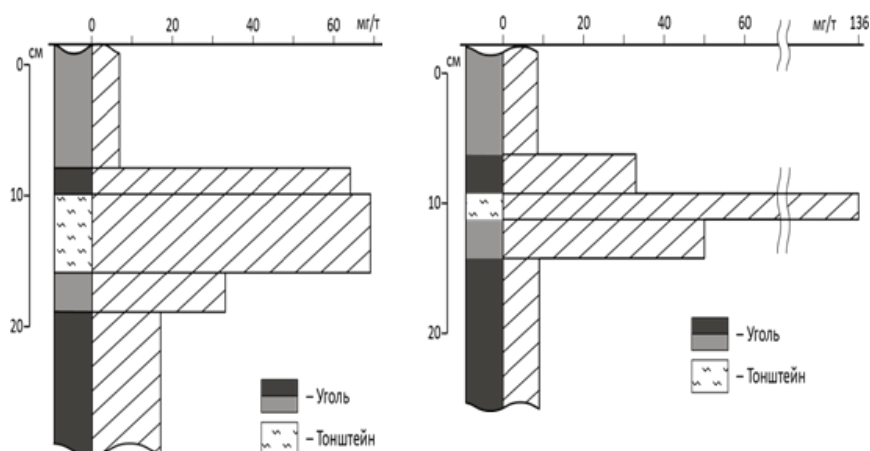


Рисунок 3.9 – Распределение ртути на участках пласта в районе тонштейнов пласт 15, Бейское месторождение

Разный состав исходной пирокластики, из которой образовались тонштейны, говорит о том, что угли, находящиеся в непосредственном контакте с тонштейном обогащены определённым набором элементов [8].

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

Мощность ореола накопления химического элемента над и под тонштейном зависит от подвижности элемента в палеоболотной среде и последующей его диффузии из тонштейна в уголь в процессе углефикации [3].

4 ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ РТУТИ

Ртуть является естественным элементом, который встречается в воздухе, воде и почве. Воздействие ртути может повлиять на нервную систему человека и повредить мозг, сердце, почки, легкие и иммунную систему. Известно, что токсичность ртути сильно зависит от ее химической формы. Как правило, органическая ртуть является более токсичной, чем неорганическая, а элементарная ртуть и нерастворимый HgS являются наименее токсичными [20, 23, 24].

Ртуть, выброшенная в воздух, может пролететь тысячи километров в атмосфере до того, как осесть, что делает этот элемент проблемой мирового масштаба. Элементарная ртуть (Hg^0) «живет» в атмосфере до одного года, а окисленные формы ртути (Hg^{2+}) имеют продолжительность жизни в несколько дней из-за более высокой растворимости Hg^{2+} в атмосферной влаге. Таким образом, элементарная ртуть может перемещаться на большие расстояния, тогда как Hg^{2+} , присутствующие в частицах, осаждаются вблизи источника.

Ртуть встречается во многих породах, включая уголь. Когда уголь сжигается, ртуть попадает в окружающую среду, что делает угольные электростанции одним из крупнейших антропогенных источников ртути в воздух. Во время сгорания вся ртуть в угле испаряется как Hg^0 . По мере того, как газ охлаждается после сгорания, возникают реакции окисления, что приводит к уменьшению концентрации Hg^0 к тому времени, когда газы после сгорания достигнут атмосферы [21, 23].

Идентификация видов ртути в твердых телах способствует пониманию поведения ртути в окружающей среде и токсичности побочных продуктов в промышленных процессах. Эти знания имеют решающее значение для разработки и совершенствования технологий контроля выбросов ртути в атмосферу. Однако ртутное видообразование в твердых образцах по-прежнему является сложной задачей.

Известно, что значительная часть ртути в производственных горизонтах угля аккумулирована в сульфидах, главным образом в пирите, FeS_2

[17, 24]. Также ртуть присутствует в составе глинистого и органического вещества.

Для определения форм нахождения ртути в углях была использована модификация приставки к анализатору ртути РА-915, которая позволила измерять содержание ртути в образцах при их нагревании в режиме температурно-программированного нагрева. Наряду с информацией об общей концентрации ртути в пробах угля, знание форм ртути, высвобождающихся в определенные температурные интервалы, может оказаться полезным для осуществления мероприятий по снижению выбросов ртути при обработке угля до сжигания и газификации [24]. Различные соединения ртути обладают различной матрично-связывающей энергией и могут определяться так называемым методом термосканирования, основанным на обнаружении в режиме реального времени выброса ртути из образца при его постепенном нагревании.

Процедура термосканирования аналогична стандартной для моментального определения ртути, отличается только постепенным (квазилинейным) нагревом образцов, что увеличивает время анализа с 60-100 до 1000 с.

Линейный нагрев образца составил $0,8 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}$. Оптимальный вес образца для термосканирования составляет 200 ± 30 мг. Гранулометрический состав не оказывает отчетливого влияния на контур спектров, для анализа могут быть использованы частицы размером до 1 мм.

Специфическая температура распада ртутных соединений для идентификации химических форм ртути термическим разложением начинается с определения температур распада отдельных соединений ртути в углях.

Были проведены два эксперимента по определению температуры десорбции индивидуальных соединений ртути:

а) обработали исследуемый образец раствором, содержащим ионы ртути Hg^{+2} ;

б) добавили в исследуемый образец частицы киновари (на уровне нг/г).
Полученный термоспектр показан на рисунке 4.1.

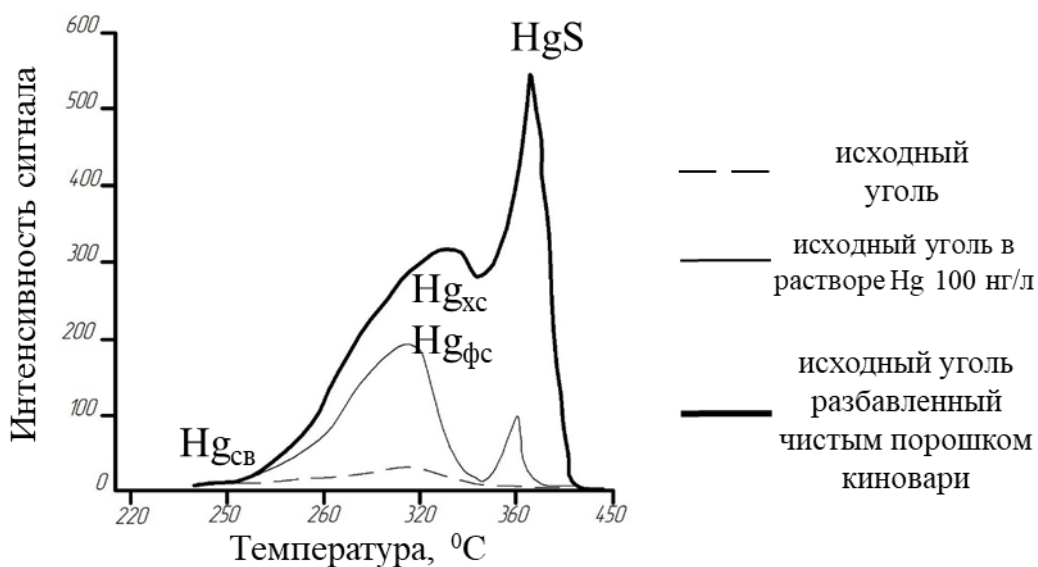


Рисунок 4.1 – Термоспектр распада ртути в угле

Свободная ртуть возгоняется при температуре от 220 °C до 260 °C, $T_{\text{интервал}}$ десорбции (хемо- и физически сорбированная в том числе и органическая) форм ртути колеблется в пределах от 260 °C до 350 °C и при 350-420 °C идет выделение минеральной формы ртути. Интерпретация этих данных является не совсем однозначно верными по температурным данным, но можно с уверенностью сказать, что именно в такой последовательности выделяются виды ртути (свободная – хемо- физическисорбционная – сульфидная).

Термодесорбционные спектры индивидуальных соединений и минералов ртути, введенных в матрицы углей, имеют не один, а несколько пиков, которые накладываются и перекрываются друг с другом. Со временем контакта соединения ртути с образцом картина выхода пиков существенно меняется.

Термодесорбция ртути как в виде отдельных соединений в модельных экспериментах, так и ее выход из реальных образцов, зависит от ряда факторов: скорости нагрева, массы навески, присутствия кислорода, состава образца, доли в нем органической составляющей, и т.д. [12].

Таким образом, формы, определенные по термоспектрам, могут не соответствовать формам в исходной пробе.

Также был исследован образец тонштейна угольного пласта 19 с Бейского месторождения с аномальным содержанием ртути ($C_{\text{Hg}} = 7300$ мг/т) (рис. 4.2).

Подвергнув пробу тонштейна с высоким содержанием ртути постепенному нагреву, мы получили более развернутый термоспектр различных видов ртути. Основываясь на ранее проведенных исследованиях Тацием, можно выделить следующие формы нахождения ртути в тонштейне: это свободная ртуть (СВ) плавно переходящая в физически сорбированную (ФС), затем выделяется химически сорбированная (ХС) с металлоорганической формами, потом идет сульфидная (металлическая) и от 600 °С выделяется изоморфная, та что была связана с кристаллической решеткой пирита. Т.к. термоспектр зависит от состава исследуемого образца, скорости нагрева пробы, характера нагрева и др. факторов, поэтому температурные интервалы не совсем совпадают с усредненными температурами по Тацию.

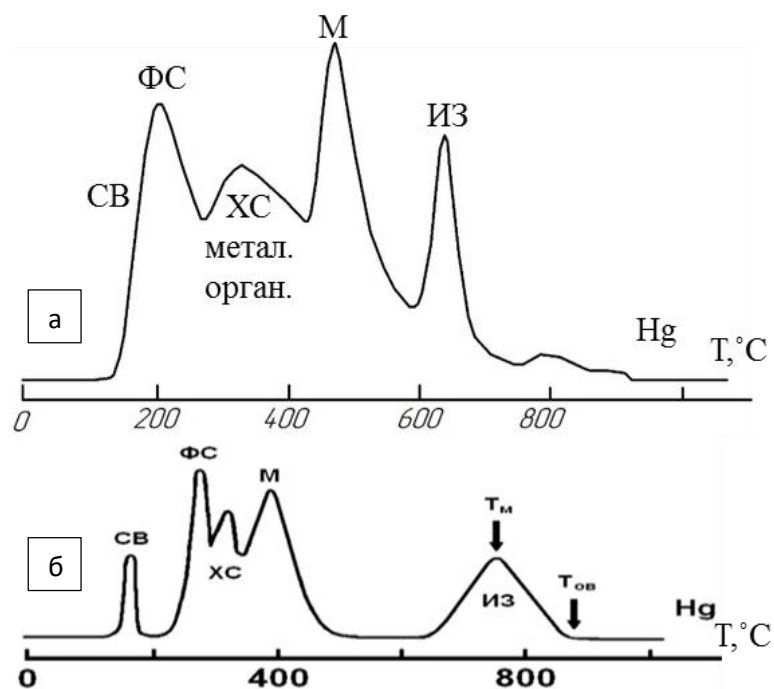


Рисунок 4.2 – Формы нахождения ртути:

а – термоспектр ртути в тонштейне с $C_{\text{Hg}}=7300$ мг/т;

б - усредненный термоспектр неорганических форм ртути в угле.

Согласно литературным источникам, содержание ртути в угле определяется геологическими особенностями угольного месторождения и сингенетическими или последующими геохимическими процессами, а не типом угля (твердый, бурый, газовый, тощий, жирный и др.) [11, 12, 22, 24]. По аналогии с суммарной ртутью не было обнаружено четких закономерностей в распределении термоспектров ртути в зависимости от вида угля. Это означает, что энергия ртути зависит не только от органической угольной матрицы и степени ее окаменелости, но и от сингенетических и наложенных гидротермальных процессов, обеспечивающих доставку ртути в органическую матрицу и минеральных примесей, таких как сульфиды, оксиды, кремнеземы и карбонатные минералы.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1 Технико-экономическое обоснование продолжительности и объема лабораторных работ

В данном разделе будут рассмотрены затраты времени и труда на пробоподготовку, лабораторно-аналитические исследования, обработку и интерпретацию результатов (табл. 5.1). А также представлен общий расчет сметной стоимости.

Таблица 5.1 – Виды и объемы проектируемых работ

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм	Кол-во		
1	Лабораторные работы	проба	456/456	пробоподготовка материала	-
		проба	140/456	Определение 28 химических элементов	Исследовательский ядерный реактор
		проба	259/456	Определение 61 химического элемента	ICP-MS
		проба	389/456	Беспламенная атомная абсорбция «холодного пара»	"РА-915+" с пиролитической приставкой "ПИРО-915"
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 140 проб угля и углевмещающих пород.

- *Лаборатория микроэлементного анализа.* Содержание ртути в угле и углевмещающих породах определялось методом беспламенной атомной абсорбции на приборе "РА-915+" с пиролитической приставкой "ПИРО-915" с использованием пакета программ RA915P (ПНД Ф 16.1:2.23-2000). Было изучено 389 проб.

- 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.

Камеральные работы. Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об изучаемой территории; изучение результатов анализов проб и их систематизация; анализ характера распределения ртути в Минусинском каменноугольном бассейне; расчет геохимических показателей; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.

5.2 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:

$$N = Q \times H_{BP} \times K, \quad (2),$$

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. 5.2).

Таблица 5.2 – Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времени по ССН (H_{BP})	Документ	Итого времени на объем (N), смена
		Ед. изм	Кол-во (Q)			
1	2	3	4	5	6	7
1.1	Пробоподготовка для ИНАА	проба	140	За 1 смену 15 проб		9,3
1.2	Определение ртути атомно-абсорбционным методом	проба	389	0,26	табл. 1 ССН-92, вып. 7А	101,14
Итого на лабораторные работы						110,44
2.1	Предварительное изучение результатов анализов проб	элементо-определения	456	0,17	табл. 60 ССН, вып. 2	0,078
2.2	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	Масштаб работ 1:50000-1:25000	456	41,4	табл. 61 ССН, вып. 2	18,878
Итого на камеральные работы						19
Итого						130 смен

В соответствии с 8 часовой рабочей сменой в месяце 25 смен, таким образом, все работы займут 5,2 месяца.

5.3 Нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для лабораторных и камеральных работ также определялись согласно ССН, выпуск 3, а также инструкциям и методическим рекомендациям (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – 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.

На основании расценок на микроэлементные анализы на 2017-2018 год сумма затрат на лабораторные исследования проб угля и углевмещающих пород составила 1 223 500 рублей.

Таблица 5.4 – Перечень лабораторных работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Атомно-абсорбционный метод определения ртути	проба	500	389	194 500
Инструментальный нейтронно-активационный анализ	проба	1800	140	252 000
ICP-MS	проба	3000	259	777 000
Итого				1 223 500

5.4 Общий расчет сметной стоимости работ

Расчет затрат на возмещение износа основных средств используемых при выполнении работ, приведен в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Кол-во	Балансовая стоимость, руб.	Годовая норма амортизации, %	Амортизация в месяц, руб.	Амортизация за 5,2 месяца, руб.
Персональный компьютер	1	40 000	10	333,33	1 733,33
Анализатор ртути «РА-915+»	1	1 500 000	10	12 500	65 000
Итого:				12 833,33	66 733,33

Согласно расчетам, амортизационные отчисления составят 66 733,3 руб.

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме.

Таблица 5.6 – 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
	Итого в месяц:				48 100

Продолжение таблицы 5.6

	Итого за 5,2 месяцев	250 120
4	ФЗП	250 120
5	Страховые взносы (30,4% от ФЗП)	76 036,48
6	ФОТ	326 156,48
7	Материалы	202,98
8	Амортизация	66 733,33
9	Резерв (3% от ФЗП)	7 503,6
	Итого:	400 596,39

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 5.7 – Общий расчет сметной стоимости работ (СМ 1)

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Кол-во	
I	Основные расходы			
1	Проектно-сметные работы			400 596,39
2	Камеральные работы			66,18
	Итого основных расходов (ОР):			400 662, 57
II	Накладные расходы	% от ОР	15	60 099,39
	Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)			460 761,96
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	92 152,39
V Подрядные работы				
	Лабораторные работы	руб.		1 233 500
VI	Резерв	% от ОР	3	12 019,88
	Итого сметная стоимость			1 694 261,96
	НДС	%	18	304 967,15
	Итого с учётом НДС			1 999 229,11

Таким образом, согласно произведенным расчетам, общая стоимость работ составит 1 999 229,11 рублей.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ПО ОЦЕНКЕ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В УГЛЯХ МИНУСИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Социальная или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [34].

Целью данной работы является изучение среднего содержания, закономерностей распределения и форм нахождения ртути в углях Минусинского угольного бассейна.

Рабочее место расположено на пятом этаже здания (20 корпус ТПУ), имеет естественное и искусственное освещение. Общая площадь помещения 18 м². Длина помещения 6 м, ширина 3 м. В данной лаборатории использовался анализатор ртути РА-915+ с приставкой Пиро-915+ для определения валового содержания ртути и форм ее нахождения в углях и углевмещающих породах. Комплект анализатора ртути: анализатор РА-915+, приставка РП-92; дозатор 1-5 мл; весы лабораторные; программное обеспечение. В аудитории имеется 3 персональных компьютера. Выполнение данной выпускной квалификационной работы осуществлялось с помощью прикладного программного обеспечения. Результаты заносились в базу данных. Затем они обрабатывались в электронных таблицах «Microsoft Excel» и др. При этом использовались: цветной монитор, клавиатура, мышь, системный блок.

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.

6.1 Профессиональная социальная безопасность

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных работ в этом помещении описаны в таблице 6.1 в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 [27].

Таблица 6.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении камеральных и лабораторных

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные Документы
	Вредные	Опасные	
1. Определение содержания ртути в растительных пробах сложного состава на ртутном анализаторе РА-915+; 2. Обработка информации на ПК (построение графиков, диаграмм; обработка базы данных).	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 3. Шум; 4. Монотонный режим работы.	1. Электрический ток; 2. Короткое замыкание; 3. Статическое электричество; 4. Порезы и ранения осколками стекла.	ГОСТ 12.0.003- 74. ССБТ [27]; ГОСТ 12.1.004-91.ССБТ [29]; ГОСТ 12.1.038-82.ССБТ [30]; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [37]; СанПиН 2.2.4.548-96 [39]; СНиП 23-03-2003 [40].

6.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

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

Оценка освещенности производилась в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [37]. В таблице 6.2 приведены нормируемые и фактические показатели искусственного освещения. Нормируемые показатели представлены для кабинетов, рабочих комнат, офисов, представительств в административных зданиях (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципалитеты управления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения). Реальная освещенность на рабочем взята из материалов аттестации рабочих мест по условиям труда.

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

Таблица 6.2 – Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [37]

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

2. Отклонение параметров микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температур воздуха и поверхностей, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха и интенсивности теплового излучения. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма [39].

Оптимальные микроклиматические условия, при воздействии на человека в течение рабочей смены, обеспечивают сохранение теплового состояния организма и не вызывают отклонений в состоянии здоровья.

Допустимые микроклиматические условия могут приводить к незначительным дискомфортным тепловым ощущениям. Возможно временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, без нарушения здоровья [39].

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

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются [39]:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энерго- затрат организма в ккал/ч (Вт). Для данной категории допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 6.3 [39].

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.

Таблица 6.3 – Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [39]

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

3. Шум

Производственный шум – сочетание различных по частоте и силе звуков.

Звук – колебания частиц воздушной среды, которые воспринимаются органами слуха человека, в направлении их распространения [28].

Виды шума:

Слышимый шум – 20-20000 Гц;

Ультразвуковой диапазон – свыше 20 кГц;

Инфразвук – меньше 20 Гц;

Устойчивый слышимый звук – 1000-3000 Гц.

Вредное воздействие шума:

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

Физические характеристики шума:

Интенсивность — кол-во энергии, переносимое звуковой волной за 1 с через площадь в 1 м², перпендикулярно распространению звуковой волны.

Звуковое давление — дополнительное давление воздуха, которое возникает при прохождении через него звуковой волны.

Учитывая протяженный частотный диапазон (20-20000 Гц) при оценке источника шума, используется логарифмический показатель, который называется уровнем интенсивности (табл. 6.4).

Таблица 6.4 – Нормы шума для помещений лабораторий [28]

Уровень звукового давления [дБ] окт. со среднегеом. част. [Гц]								Уровень зв. давления [дБ]
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Не более 75
91	83	77	73	70	68	66	44	

Допустимый уровень звука с частотой 700-2300 Гц не более 40 дБА.

Исходя из допустимого уровня звука, можно сказать, что шум соответствует нормативным данным, следовательно, является оптимальным

показателем, который оказывает благоприятное влияние на качество рабочего процесса.

4. Монотонный режим работы

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 утомляемость, 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.

Специальная оценка условий труда – это единый комплекс последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных, а также опасных факторов производственной среды и трудового процесса. На базе данного комплекса осуществляется оценка уровня всех воздействий на работника, учитывая отклонения их фактических значений, от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации, федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда, также применяются средства индивидуальной и коллективной защиты работников.

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.

Материалы для отделки интерьеров рабочих помещений разрешены для применения органами и учреждениями Государственного санитарно-эпидемиологического надзора. В соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 [38] проводятся обязательные предварительные и периодические

медицинские осмотры (обследования) работников, занятых на работах с вредными веществами.

6.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)

1. Электрический ток

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, а также ртутный анализатор РА-915+, все это является 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 оказались под напряжением в результате повреждения изоляции, не подающих 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. ЭВМ работает от источника тока. Для того чтобы исключить опасность поражения электрическим током, необходимо соблюдать правила электрической безопасности:

1) Перед включением компьютера в сеть необходимо визуально проверить электропроводку на отсутствие видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус компьютера;

2) При появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети ЭВМ и устранить неисправность;

3) Запрещается при включенной ЭВМ одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление.

Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению проводящие части не должны 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 [30]:

- 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.

Напряжения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 6.5 [30].

Таблица 6.5 – Предельно допустимые значения напряжений и токов [30]

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

2. Короткое замыкание

Как показывает практика, короткое замыкание возникает чаще всего из-за того, что по каким-либо причинам оказывается нарушенной внешняя изоляция проводов или электрического оборудования. Это, в свою очередь, может быть связано и с постепенным старением основных элементов электрической цепи, и с ее механическими повреждениями, и даже с ударом молнии.

В учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа все провода находятся в хорошем состоянии, сеть не перегружена, и поэтому лаборатория безопасна для работы.

3. Статическое электричество

Статическое электричество возникает в результате сложных процессов, связанных с перераспределением электронов и ионов при соприкосновении двух поверхностей неоднородных жидких или твердых веществ, на которых образуется двойной электрический слой. Электрический ток искрового разряда мал и не может вызвать поражения человека. Однако разряд статического электричества, ощущаемый человеком как болезненный укол, может в некоторых случаях явиться косвенной причиной несчастного случая.

Для защиты от статического электричества рабочему персоналу, работающему с ЭВМ, не рекомендуется носить одежду из синтетических тканей. Для предотвращения образования и защиты от статического электричества необходимо использовать нейтрализаторы и увлажнители, а

полы должны иметь антистатическое покрытие. Допускаемые уровни напряжённости электростатических полей приведены в ГОСТ 12.1.045-84 [31].

В процессе своей работы мониторы излучают электромагнитные волны. Вследствие этого воздух, находящийся в помещении, ионизируется. Эти ионы оказывают отрицательное действие на организм человека: повышают утомляемость, снижают сопротивляемость организма к различным болезням.

Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля (СНиП № 2971-84) установлен предельно допустимый уровень напряженности электрического поля внутри жилых зданий 0,5 кВ/м. Плотность потока ультрафиолетового излучения дисплея должна быть не больше 10 Вт/м² (ГОСТ 27016-86), мощность дозы рентгеновского излучения на расстоянии 5 см от экрана - не больше 0,03 мкР/с [33].

Согласно санитарным нормам лаборатория микроэлементного анализа является безопасной для работы.

4. Порезы и ранения осколками стекла (кварцевые ложечки-дозаторы).

При использовании поврежденной стеклянной посуды или неумелом обращении с ней могут быть порезы и ранения осколками стекла.

Во время работы необходимо соблюдать следующие общие правила:

- 1) избегать попадания химикатов и растворов на слизистые оболочки (носа, рта, глаз), кожу, одежду;
- 2) не пользоваться открытым огнем;
- 3) обращать внимание на герметичность упаковки химикатов (реактивов), а также наличие хорошо и однозначно читаемых этикеток на склянках;
- 4) избегать вдыхания химикатов, особенно образующих пыль или пары;
- 5) добавление к пробам растворов химических веществ и сухих реактивов следует производить в резиновых перчатках и защитных очках;

б) при работе со стеклянной посудой соблюдать осторожность во избежание порезов кожи рук.

6.4 Охрана окружающей среды

Правила утилизации люминесцентных ламп.

Согласно действующему на территории России постановлению правительства РФ №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».

Согласно этому документу, 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.

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 [43].

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.

Постановление правительства №340 запрещает юридическим лицам утилизировать компьютерную технику. 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 Федеральном законе №41.

Правила утилизации макулатуры.

Сбор и утилизация макулатуры на предприятии носит рекомендательный характер. Рекомендации по утилизации макулатуры прописаны в ГОСТ Р 55090-2012 [32].

6.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Нередко, при определенных работах, в лабораториях возникает опасность пожара.

Здание, в котором располагается лаборатория, по пожарной опасности относится к категории В – производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (компьютерная техника, предметы мебели) [29].

Условия развития пожара в зданиях и сооружениях определяются степенью их огнестойкости. Степень огнестойкости – это способность здания сопротивляться разрушению при пожаре. Здания и сооружения по степени огнестойкости можно подразделить на пять степеней. Степень огнестойкости здания зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций, а также от пределов распространения огня по этим конструкциям.

Степень огнестойкости здания II согласно. Основные части зданий I, II степени огнестойкости негорючие и различаются лишь пределами огнестойкости строительных конструкций. В зданиях II степени максимальный предел распространения огня, составляющий 40 см, может быть допущен только для внутренних несущих стен (перегородок).

Огнетушители предназначены для тушения возгораний и пожаров в начальной стадии их развития. По виду огнегасительных веществ огнетушители можно подразделить на: химические пенные, углекислотные, аэрозольные, порошковые, воздушно-пенные, а также жидкостные.

В настоящее время для производственных помещений предприятия основными являются углекислотные огнетушители. Тушение происходит вследствие изоляции горящего предмета от кислорода и сильного охлаждения зоны горения. Первичными средствами пожаротушения являются ручные огнетушители типа ОУ-2, ОУ-3. Эти огнетушители предназначены для тушения различных веществ, а также электроустановок под напряжением до 10Кв.

Пожароопасность, главным образом, представлена оголенными токоведущими частями электропроводки, коротким замыканием проводки, перегрузки электросети, статическим электричеством. Возможными причинами возникновения пожара могут быть: неправильное устройство и эксплуатация отопительных систем (использование обогревателей), неисправность вентиляционных систем, неосторожное обращение с огнем персонала и т.д.

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

Если загорелись деревянные предметы, пожар можно тушить водой, песком, а также с помощью огнетушителя. Если горит нерастворимое в воде

вещество (например, бензин, скипидар и др.), то нельзя применять для тушения воду, так как она может усилить пожар. Нерастворимые в воде органические вещества следует тушить песком (можно накрыть асбестом или кошмой).

Если горящее вещество растворимо в воде (например, спирт или ацетон), его можно гасить водой. Во всех случаях весьма пригодным средством тушения является четыреххлористый углерод. При соприкосновении с огнем он образует тяжелые пары, обволакивающие горящее место; доступ воздуха уменьшается и горение прекращается [29].

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-ВСЕ);
- Система автоматической противопожарной сигнализации.

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.

6.6 Законодательное регулирование при работе профессионально связанное с эксплуатацией персонального компьютера

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

Продолжительность рабочего дня составляет 8 часов [42].

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 [10].

В соответствии с пунктом 13.1 статьи 13 Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 №118 "О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03». Лица, работающие с ПК более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПК), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке [35].

Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не может превышать 40 часов в неделю [42].

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 (таблица ...) [41].

Согласно статье 92 Трудового кодекса РФ сокращенная продолжительность рабочего времени при проведении работ профессионально связанных с эксплуатацией ПК не предусмотрена [42].

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 [42].

Таблица 6.6 – Категории работ с компьютером [42]

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
II	до 40000	до 30000	до 4
III	до 60000	до 40000	до 6

При 8-часовой рабочей смене и работе на компьютере регламентированные перерывы следует устанавливать [42]:

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

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

Заключение

Среднее содержание ртути в углях Минусинского бассейна составляет 0,79 г/т. Эта величина близка к ее кларку для каменных углей (0,1 г/т). В месторождениях отмечается закономерное увеличение содержания ртути от Бейского к Изыхскому и от Изыхского к Черногорскому. Разница средних содержаний между Бейским и Черногорским месторождениями более чем в 2 раза. В пластах дисперсия ртути более высокая. В большинстве случаев отчетливо видна приуроченность высоких содержаний ртути к прикровельным и припочвенным его участкам. Также ртутью обогащены тонштейны, которые представляют из себя вулканогенные пирокластические горизонты в угольных пластах, преобразованные в условиях торфяной залежи в каолиновые прослои относительно небольшой мощности. Содержание ртути в тонштейнах и притонштейных горизонтах в углях может достигать аномальных значений по сравнению с другими участками пласта. В отдельных пробах содержание ртути достигает 8,5 г/т (пласт 19, Бейское месторождение).

В углевмещающих породах среднее содержание ртути составляет 0,104 г/т ртути. Эта величина немного превышает ее кларк в земной коре (0,08 г/т) и существенно ниже среднего содержания для осадочных пород. Также содержание ртути увеличивается в ряду аргиллит-алевролит-песчаник.

Основными причинами накопления ртути в углях являются сингенетичное накопление ртути углеобразующими торфяниками из вод и сингенетичное накопление, связанное с вулканогенным пирокластическим материалом. Имеет место и гидротермальное перераспределение ртути, выразившееся в накоплении высоких концентраций в прикровельных частях угольного пласта.

Изучение форм нахождения ртути в углях Минусинского бассейна методом термодесорбции позволило предположить наличие двух форм нахождения ртути, а именно сорбционную и минеральную.

Список используемых источников

1. Арбузов С.И., Ершов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. – Томск: Издат. дом «Д-Принт», 2007. – 468 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(в). – 300 с.
3. Арбузов С.И., Ершов В.В. Роль вулканизма позднего карбона - перми в формировании геохимического облика углей Минусинского бассейна // III Всероссийский симпозиум по вулканологии и палеовулканологии «ВУЛКАНИЗМ И ГЕОДИНАМИКА» 5-8 сентября 2006г. Материалы симпозиума. Т.3. - Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, – 2006. – С. 628-632.
4. Вергунов А.В. Геохимия и минералогия тонштейнов в пласте «Двухаршинный» Черногорского месторождения Минусинского бассейна // геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам X Междунар. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых). – Пермь, 2017. – Т.1. – С. 63-65.
5. Вергунов А.В. Пирокластический материал как источник накопления редких элементов в углях // Новое в познании процессов рудообразования: материалы VI Российской молодежной научно-практической Школы с международным участием. – М.: ИГЕМ РАН, 2016. – С. 74-76.
6. Вергунов А.В. Роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях Бейского месторождения Минусинского угольного бассейна // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студ. и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. – Томск, 2016. – Т. 1. – С. 120-122.
7. Вергунов А.В. Роль палеовулканизма в накоплении редких металлов в углях Черногорского месторождения Минусинского угольного бассейна // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXI Международного 103

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

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

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

10. Кетрис М. П., Юдович Я. Э. Проблема ртути в углях //Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2004. – №. 10.

11. Машьянов Н. Р. и др. Возможности атомно-абсорбционного спектрометра РА-915⁺ с зеемановской коррекцией для определения ртути в различных средах //Анатитика и контроль. 2001.№ 4. – 2001. – С. 375-378.

12. Таций Ю. Г. Метод термодесорбции как способ определения твердофазных форм ртути. Реальные возможности //Мат-лы Междунар. симп. «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты». М.: ГЕОХИ РАН. – 2010. – С. 31-37.

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

14. Юдович Я.Э., Кетрис М.П., Мерц А.В. Элементы-примеси в ископаемых углях. – Л: Наука, 1985. – 239 с.

15. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Неорганическое вещество углей. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 422 с.

16. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ценные элементы-примеси в углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 538 с.

17. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – с. 307-369.

18. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ртуть в углях—серьезная экологическая проблема //Биосфера. – 2009. – Т. 1. – №. 2.
19. Юдович Я.Э., Корычева А.А., Обручников А.С., Степанов Ю.В. Средние содержания элементов-примесей в ископаемых углях // Геохимия, 1972. - №8. – С. 1023-1031.
20. Янин Е. П. Эмиссия ртути в атмосферу при сжигании каменного угля в России //Ресурсосберегающие технологии. – 2006. – №. 3. – С. 3-14.
21. Guo S. et al. Mercury release characteristics during pyrolysis of eight bituminous coals //Fuel. – 2018. – Т. 222. – С. 250-257.
22. Lopez-Anton M. A. et al. Analysis of mercury species present during coal combustion by thermal desorption //Fuel. – 2010. – Т. 89. – №. 3. – С. 629-634.
23. Luo G. et al. Identifying modes of occurrence of mercury in coal by temperature programmed pyrolysis //Proceedings of the Combustion Institute. – 2011. – Т. 33. – №. 2. – С. 2763-2769.
24. Mashyanov N.R., Pogarev S.E., Panova E.G. Determination of mercury thermospecies in coal // Fuel. 2017. Vol. 203. P. 973-980.
25. Rumayor M. et al. Application of thermal desorption for the identification of mercury species in solids derived from coal utilization //Chemosphere. – 2015. – Т. 119. – С. 459-465.
26. Yudovich Y. E., Ketris M. P. Mercury in coal: A review: Part 1. Geochemistry //International Journal of Coal Geology. – 2005. – Т. 62. – №. 3. – С. 107-134.

Нормативная литература

27. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
28. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
29. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

30. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
31. ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
32. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги.
33. ГОСТ 27016-86. Дисплеи на электронно-лучевых трубках. Общие технические условия.
34. Инструкция №13-52 по охране труда и правилам безопасности работы на ртутном анализаторе РА-915+ в учебно-научной лаборатории микроэлементного анализа кафедры ГЭГХ. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 7с.
35. 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».
36. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 05.12.2014).
37. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
38. 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.
39. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М: Минздрав России, 1997. – 132 с.
40. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.
41. ТОИ Р-45-084-01 «Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере». - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

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

43. ПП РФ №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»