

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Ценные и токсичные элементы-примеси в углях Сахалинского бассейна
УДК 553.94:550.4(571.64)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Галатонова Яна Анатольевна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына З.В.	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Языков Е.Г.	д.г – м.н		

**Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
подготовки магистров по направлению 05.04.01 «Геология»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	<u>Фундаментальные знания</u> Применять <i>базовые</i> и <i>специальные</i> математические, естественнонаучные, гуманитарные, социально-экономические и технические знания в междисциплинарном контексте для решения <i>комплексных инженерных проблем</i> в области <i>прикладной геологии</i> .	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, 2, ОК-6, ОК-12, 13, ОК-20, ПК-2, ПК-10, ПК-21, ПК-23,) (АВЕТ-3а,c,h,j)
P2	<u>Инженерный анализ</u> Ставить и решать задачи <i>комплексного инженерного анализа</i> в области поисков, геолого-экономической оценки и подготовки к эксплуатации месторождений полезных ископаемых с использованием современных аналитических методов и моделей.	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, 2, 3, ОК-13, ОК-15, ОК-18, ОК-20, ОК-21, ПК-1, ПК-3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14 – 17, ПСК-3.1, ПСК-3.5, 3.6), (АВЕТ-3b)
P3	<u>Инженерное проектирование</u> Выполнять <i>комплексные инженерные проекты</i> технических объектов, систем и процессов в области прикладной геологии с учетом <i>экономических, экологических, социальных и других ограничений</i> .	Требования ФГОС ВПО (ОК-1, 4 – 8, 14, ПК-3, 6 – 9, 11, 18 – 20) (АВЕТ-3с).
P4	<u>Исследования</u> Проводить исследования при решении <i>комплексных инженерных проблем</i> в области <i>прикладной геологии</i> , включая прогнозирование и моделирование природных процессов и явлений, постановку эксперимента, анализ и интерпретацию данных.	Требования ФГОС ВПО (ОК-3, 5, 9, 10, 14 – 16, 21, ПК-10, 11, 21 – 25, ПСК), (АВЕТ-3b,c)
P5	<u>Инженерная практика</u> <i>Создавать, выбирать и применять</i> необходимые ресурсы и методы, современные технические и <i>IT</i> средства при реализации геологических, геофизических, геохимических, эколого-геологических работ с учетом <i>возможных ограничений</i> .	Требования ФГОС ВПО (ПК-7 – 9, 28 – 30 ПСК) (АВЕТ-3е, h)
P6	<u>Специализация и ориентация на рынок труда</u> Демонстрировать компетенции, связанные с <i>особенностью</i> проблем, объектов и видов <i>комплексной инженерной деятельности</i> , не менее чем по одной из специализаций: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых</i> • <i>Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания</i> • <i>Геология нефти и газа</i> 	Требования ФГОС ВПО (ОК-8 – 10, 12, 15, 18, 20, 22, ПК-1, ПСК) (АВЕТ-3с,e,h)
Универсальные компетенции		
P7	<u>Проектный и финансовый менеджмент</u> Использовать <i>базовые</i> и <i>специальные</i> знания проектного и финансового менеджмента, в том числе менеджмента рисков и изменений для управления <i>комплексной инженерной деятельностью</i> .	Требования ФГОС ВПО (ОК-1 – 3 13 – 16, 20, 21, ПК-4 – 6, 15, 18 – 20, 23 – 25, 27 – 30, ПСК-1.2, 2.2) (АВЕТ-3е,k)
P8	<u>Коммуникации</u> Осуществлять эффективные коммуникации в профессиональной среде и обществе, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной инженерной деятельности</i> в области <i>прикладной геологии</i> .	Требования ФГОС ВПО (ОК-3 – 6, 8, 16, 18, 21, ПК-3, ПК-6, ПСК) (АВЕТ-3g)
P9	<u>Индивидуальная и командная работа</u>	Требования ФГОС ВПО (ОК-

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	Эффективно работать индивидуально и в качестве <i>члена</i> или <i>лидера команды</i> , в том числе междисциплинарной, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных инженерных проблем</i> .	4, 6, 18, ПК-3, 6, 11, 27, 30, ПСК-1.2) (АВЕТ-3d)
Р10	<u>Профессиональная этика</u> Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать нормам профессиональной этики и правилам ведения <i>комплексной инженерной деятельности</i> в области прикладной геологии.	Требования ФГОС ВПО (ОК-7, 8, 19, ПК-9, 16), (АВЕТ-3f)
Р11	<u>Социальная ответственность</u> Вести <i>комплексную инженерную деятельность</i> с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость обеспечения устойчивого развития.	Требования ФГОС ВПО (ОК-5, 7, 8, 10, 13, 14, 16 – 21, ПК-27-30) (АВЕТ-3с,h,j)
Р12	<u>Образование в течение всей жизни</u> Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению</i> и непрерывному <i>профессиональному совершенствованию</i> .	Требования ФГОС ВПО (ОК-9 – 12, 14, 20) (АВЕТ-3i)

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Язиков Е.Г.
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ71	Галатоновой Яне Анатольевне

Тема работы:

Ценные и токсичные элементы-примеси в углях Сахалинского бассейна	
Утверждена приказом директора	От 11.02.2019 №1060/с

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>Предметом исследования являются угли и углевмещающие породы Тихменевского, Первомайского, Хандасинско-Семиреченского, Горнозаводского, Солнцевского, Константиновского месторождений и Северной группы углепроявлений.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные черты геологического строения и угленосности Сахалинского угольного бассейна 2. Методика исследования 3. Геохимия углей Сахалинского угольного бассейна 4. Финансовый менеджмент

<p><i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>5. Социальная ответственность Заключение Список использованной литературы</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Рисунок 1.1 – Геологическая карта о. Сахалин; Рисунок 1.2 – Размещение крупнейших месторождений угля и угленосных районов о. Сахалин; Рисунок 1.3 – Схематическая геологическая карта Тихменевского месторождения; Рисунок 1.4 – Схема расположения участков и шахтных полей Горнозаводского месторождения Рисунок 1.5 – Схематическая геологическая карта горнозаводского месторождения; Рисунок 2.1 – Северная группа углепроявлений; Рисунок 2.1 – Виброистиратель; Рисунок 2.2 – Анализатор ртути РА-915+ с пиролитической приставкой «ПИРО – 915+»; Рисунок 3.1 – Кристалл циркона в пробе ХС-63-18 III пласта; Рисунок 3.2 – Распределение Sc, Hf в угле в вертикальном профиле II пласта Хандасинско-Семиреченского месторождения; Рисунок 3.3 – Распределение Sc, Co в угле в вертикальном профиле IV пласта Хандасинско-Семиреченского месторождения; Рисунок 3.4 – Распределение Sc и Sr в угле в вертикальном профиле III пласта Первомайского месторождения; Рисунок 3.5 – Распределение Zr и Sc в угле в вертикальном профиле II пласта Горнозаводского месторождения; Рисунок 3.6 – Распределение V и Ba в угле в вертикальном профиле V пласта Константиновского месторождения.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент ОСГН ШБИП Криницына З.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент ООТД Мезенцева И.Л.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects</p>	

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

Задание выдал руководитель

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Галатонова Я.А.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ71	Галатоновой Яне Анатольевне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	05.04.01 Геологии

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Расчет стоимости ОЗП, амортизации материалов</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление плана исследований по анализу 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	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Галатонова Яна Анатольевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ЛМ71	Галатонова Яна Анатольевна

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.04.01 Геологии

Тема ВКР:

Ценные и токсичные элементы-примеси в углях Сахалина	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования являются угли Хандасинско-Семиреченского, Первомайского, Тихменевского, Северного месторождений Сахалинского угольного бассейна.</p> <p>Проведенная работа состояла из анализа и систематизации данных лабораторно-аналитических исследований. В ходе исследований изучается состав углей и углевмещающих пород на наличие ценных и токсичных элементов-примесей методом беспламенной атомной абсорбции на приборе «РА-915+» с пиролитической приставкой «ПИРО-915» с использованием пакета программ RA915P (ПДН Ф 16.1:2.23-2000) в компьютерном кабинете в 20 корпусе Национального исследовательского Томского политехнического университета, г. Томск.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ; ГОСТ 12.1.004-91; ГОСТ 12.1.005-88; ГОСТ 12.1.038-82; ГОСТ 12.4.124-83; ГОСТ 17.1.3.06-82; ГОСТ 17.4.3.04-85; ГОСТ 17.2.2.01-84; ГОСТ 17.0.0.04-90; ГОСТ 17.2.3.01-86; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; СанПиН 2.2.4.548-96</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p>	<p>В данном разделе проводится описание вредных и опасных факторов, возникающих при камеральных работах.</p> <p>Вредные факторы:</p>

	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Отклонение параметров микроклимата в помещении; 3. Повышенный уровень шума; 4. Степень нервного перенапряжения и монотонный режим работы Опасные факторы: 1. Электрический ток; 2. Короткое замыкание; 3. Статическое электричество; 4. Термическая опасность; 5. Пыль; 6. Подвижные части оборудования.
3. Экологическая безопасность:	Безопасная утилизация бумаги, люминесцентных ламп и составных частей персонального компьютера.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	В данном разделе описывается безопасность при возникновении пожара в аудиториях и корпусах где проводится камеральный этап.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООТД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Галатонова Я.А.		

Реферат

Выпускная квалифицированная работа 115 страниц, 14 рисунков, 20 таблиц, 32 источника, 1 приложение.

Ключевые слова: Сахалин, угольный бассейн, месторождение, уголь, ценные, токсичные, элементы-примеси.

Объектом исследования являются угли Хандасинско-Семиреченского, Первомайского, Тихменевского, Горнозаводского, Солнцевского, Константиновского, Новиковского месторождений и Северной группы углепроявлений.

Цель работы - изучение геохимии элементов-примесей в углях Тихменевского, Первомайского, Хандасинско-Семиреченского, Горнозаводского, Солнцевского, Константиновского, Новиковского месторождений и Северной группы углепроявлений.

В процессе исследования проводилось определение ряда элементов-примесей атомно-абсорбционным анализом и методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в 366 пробах угля и углевмещающих пород острова Сахалин.

В результате исследования было определено содержание элементов-примесей в углях и углевмещающих породах отдельных месторождений и в целом в бассейне.

Материалы, полученные в процессе настоящих исследований, могут быть использованы при экологическом контроле качества углепродукции, при разработке технологии полной комплексной переработки углей и углеотходов.

Оглавление

Введение	11
1 Основные черты геологического строения и угленосности Сахалинского угольного бассейна	14
1.1 Исторические данные о развитии угольной промышленности в регионе .	14
1.2 Геологическое строение месторождений.....	15
1.3 Анализ качественных характеристик углей.....	18
1.4 Разведанные запасы и ресурсы угля.....	21
1.5 Месторождения Сахалинского угольного бассейна.....	21
1.5.1 Тихменевское месторождение	21
1.5.2 Горнозаводское месторождение	29
1.5.3 Солнцевское месторождение	37
1.5.4 Константиновское месторождение.....	43
1.5.5 Новиковское месторождение	44
2 Методика исследования	53
2.1 Опробование и лабораторно-аналитические исследования.....	53
2.2 Пробоподготовка.....	56
2.3 Методы обработки.....	57
2.3.1 Атомно-абсорбционный анализ методом «холодного пара».....	57
2.3.2 Многоэлементный инструментальный нейтронно активационный анализ (ИНАА).....	59
2.3.3 Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS).....	59
2.3.4 Другие методы анализа	61
3 Геохимия углей Сахалинского угольного бассейна	62
3.1 Содержание элементов-примесей в углях Сахалинского бассейна	63
3.2 Содержание ртути в углях и углевмещающих породах.....	65
3.3 Закономерность распределения и содержание элементов- примесей в месторождениях углей Сахалинского бассейна	67
3.3.1 Хандасинско-Семиреченское месторождение.....	67
3.3.2 Первомайское месторождение.....	72
3.3.3 Тихменевское месторождение	73
3.3.4 Северная группа углепроявлений.....	74
3.3.5 Горнозаводское месторождение разрез Лопатинский.....	75
3.3.6 Солнцевское месторождение	78

3.3.7 Константиновское месторождение.....	79
3.3.8 Новиковское месторождение.....	82
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	84
4.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объема работ	84
4.2 Нормы расхода материалов	87
4.3 Общий расчет сметной стоимости работ	89
5 Социальная ответственность при выполнении научно- исследовательских работ	92
Введение.....	92
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
5.2 Производственная безопасность	94
5.3 Анализ вредных и опасных производственных факторов	94
5.3.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	94
5.3.2 Отклонение параметров микроклимата	95
5.3.3 Степень нервно-эмоционального напряжения и монотонный режим работы.....	97
5.3.4 Шум.....	97
5.3.5 Электрический ток.	98
5.3.6 Электростатическое поле.....	100
5.3.7 Короткое замыкание.....	101
5.3.8 Термическая опасность.	101
5.3.9 Производственная пыль	101
5.3.10 Подвижные части оборудования	106
5.4 Экологическая безопасность	107
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	108
Заключение	111
Список использованной литературы.....	113
Приложение А - Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects	

Введение

Угольная промышленность – старейшая горнодобывающая отрасль не только в Сахалинской области, но и на всём Дальнем Востоке России. С момента своего зарождения и по сегодняшний день отрасль по-прежнему остается на ведущих позициях наряду с нефтегазовым комплексом и добычей водных биологических ресурсов. Угольная промышленность неоднократно преодолевала стоящие перед ней структурные проблемы, но современные тенденции развития топливно-энергетического комплекса в мире (газификация, использование возобновляемых источников энергии) будут только способствовать вытеснению угля с рынка как энергетического сырья. В связи с этим необходимо изыскивать пути нетрадиционного использования угля, что в первую очередь определяется его качественными характеристиками.

Цель исследования - изучение геохимии элементов-примесей в углях Тихменевского, Первомайского, Хандасинско-Семиреченского, Горнозаводского, Солнцевского, Константиновского, Новиковского месторождений и Северной группы углепроявлений.

Основные задачи:

- определить содержание элементов-примесей в углях и углевмещающих породах отдельных месторождений и в целом в бассейне;
- оценить уровни накопления ценных элементов-примесей в углях;
- оценить содержание токсичных элементов в углях и дать экогеохимическую оценку углей и углевмещающих пород.

Предметом исследования являются угли и углевмещающие породы Тихменевского, Первомайского, Хандасинско-Семиреченского, Горнозаводского, Солнцевского, Константиновского, Новиковского месторождений и Северной группы углепроявлений.

1 Основные черты геологического строения и угленосности Сахалинского угольного бассейна

1.1 Исторические данные о развитии угольной промышленности в регионе

Первые документированные сведения об угленосности получены в ходе Амурской экспедиции лейтенантом Н.К. Бошняком в 1852 г., а уже через несколько лет была заложена первая шахта по добыче угля «Макарьевка»[1].

До 1945 г. геологоразведочные работы были сконцентрированы преимущественно в районе г. Александровска-Сахалинского и направлены на изучение угольных месторождений с целью организации штольневой добычи. Добыча угля в северной части Сахалина в первые годы после русско-японской войны 1914 г. - Октябрьского, а с 1930 г. - Медвежского месторождений. В небольших объемах разведочно-эксплуатационные работы проводили на Най-Найском, Прибрежном и Жонкьерском месторождениях. В японской части острова Сахалина добыча угля началась в 1914 г. на Взморьевском и Лопатинском месторождениях [2].

В послевоенные годы, после возвращения в состав СССР южной части о. Сахалин и Курильских островов, были открыты новые месторождения и проявления угля, проведены работы по восстановлению и реконструкции функционирующих и строительству новых предприятий угольной промышленности. В результате проведенных работ значительно увеличились объемы производства угля с 2 до 5,5 млн т. В 1978 г. работали 13 шахт и два угольных разреза, на которых было добыто 5,8 млн т угля. Максимальный же уровень добычи за всю историю был зафиксирован в 1991 г. и составил 6,4 млн т [3].

В первой половине 1990-х годов, после начала экономического спада, произошла переориентация отрасли на более эффективный и менее затратный способ добычи угля на разрезах. Это привело к закрытию большинства шахт. Уровень добычи в этот период снизился в 2-3 раза и составлял в среднем

2,5млн т. Геологоразведочные работы были направлены на увеличение запасов, доступных для разработки на действующих и вновь созданных угольных разрезах как из числа ранее разведанных, так и за счет опоискования и разведки новых площадей [2].

1.2 Геологическое строение месторождений

По актуальным геологическим данным, месторождения угля в Сахалинской области обнаружены исключительно на территории о. Сахалин. Всего же насчитывается 57 месторождений и 11 угленосных площадей. Пространственное размещение угленосных отложений закономерно обусловлено геологическим строением (рисунок 1.1).

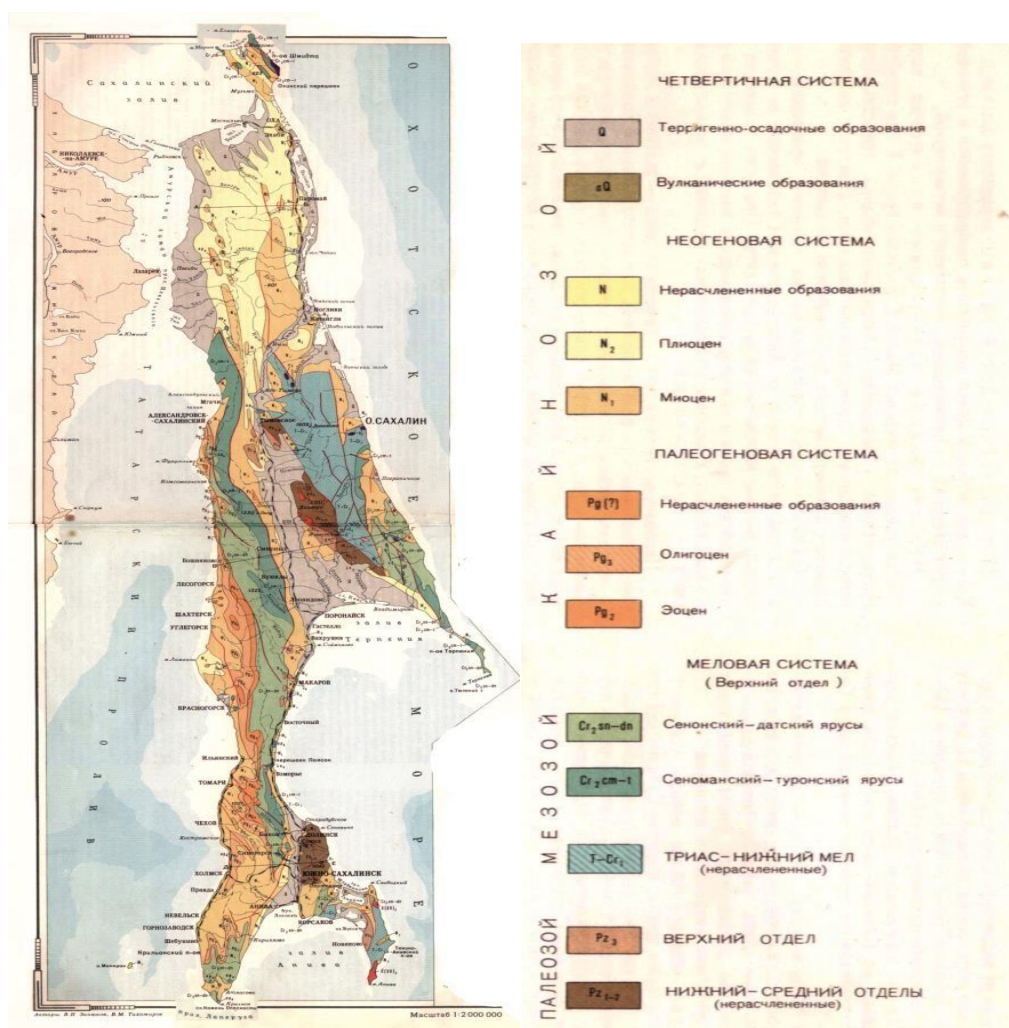


Рисунок 1.1 – Геологическая карта о. Сахалин
Месторождения угля по территории распределены неравномерно.

Характерно размещение узкими полосами вдоль западного побережья от полуострова Крильон на юге до мыса Хоэ на севере, а также в центральной части от перешейка Поясок до широты Набильского залива. Более разрозненные локальные выходы угленосных отложений встречаются на юго-востоке (Тонино-Анивский полуостров) и на севере острова. Угленосные площади принято объединять в следующие геолого-промышленные угленосные районы: Северный: Александровский, Углегорский, Центральный и Южный (рисунок 1.2) [2].

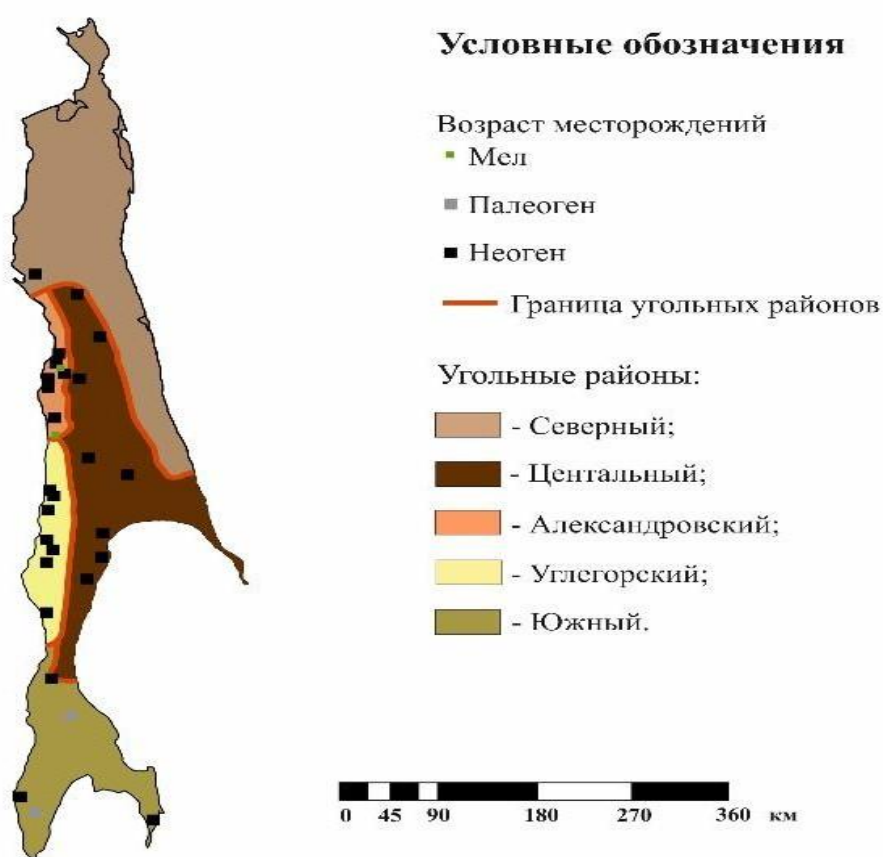


Рисунок 1.2 - Размещение крупнейших месторождений угля и угленосных районов о. Сахалин

Разведанные месторождения имеют неогеновый, палеогеновый или меловой возраст. Генетически угленосные породы связаны с лагунными, лимническими и прибрежно-морскими осадками верхнедуйской (N_{1vd}) и нижнедуйской (Pg_{2nd}) свит. Породам верхнедуйской свиты аналогичны

верхнелангерийская, лагисская и дагинская свиты, а нижнедуйской – снежинкинская, найбутинская свиты. Наименьшее значение на сегодняшний день имеют осадки жонкьерской (Cr_{2jn}) и арковской (Cr_{2ar}) свит верхнемеловой системы, располагающиеся только в Александровском угленосном районе [4].

Угленосные толщи вмещают до 38 рабочих пластов. Общая полезная мощность достигает 46 м. Преобладают пласты малой мощности, реже встречаются мощные и очень мощные. Строение их простое либо осложнено прослоями пустой породы. Вмещающими породами являются аргиллиты, алевролиты и песчаники. Реже встречаются углистые аргиллиты, свидетельствующие о постепенной смене условий угленакопления. Осадконакопление происходило в различных обстановках: при изменении условий – от заболоченных, периодически затапливаемых приморских равнин до батинальных в верхней части материкового склона. Как правило, пласты имеют различную выдержанность и на отдельных месторождениях варьируются от выдержанных до невыдержанных. По сложности геологического строения месторождения могут быть отнесены ко 2-й или 3-й группе [5-6].

Большая часть месторождений сосредоточена на крыльях Западно-Сахалинского антиклинория. Толща месторождений имеет синклинальную и моноклинальную структуру, часто - с дополнительной складчатостью. Преобладающие углы падения 10-50°, реже 60-70°. Широко распространены дизъюнктивные дислокации различной ориентации. Амплитуды смещений в вертикальном направлении достигают несколько сотен метров. Таким образом, месторождения разделяются разломами на блоки. Некоторые месторождения (например, Лесогородское) характеризуется развитием интрузивных тел.

Гидрогеологические условия относительно простые, горногеологические условия сложные по причине ранее отмеченной тектонической нарушенности, а также метаноносности.

По метаморфизму выделяются угли бурые (группы БЗ), а также каменные (марки Д, ДГ, Г, ГЖО, ГЖ, Ж, К, Т). Отмечаются углипереходных

групп и марок, например Горнозаводские, Вахрушевское и Солнцевское месторождения, помимо бурых углей, содержат и каменные (марки Д) [5].

1.3 Анализ качественных характеристик углей

По материалам Федюнина Т. И. и Жиликова Е. А. дан анализ качественных характеристик сахалинских углей с целью определения возможности их комплексного использования.

За более чем вековую историю исследования и разработки угленосного бассейна собран и обработан значительный объем информации по углепетрографическим, химическим и техническим характеристикам углей.

Исходным материалом образования сахалинских углей являются древесные породы, в меньшей степени – кустарниковые и травянистые растения, крайне редко – водоросли. Поэтому угли относятся к гумолитам и лишь незначительная их доля – к сапрогумалитам.

По характеру преобразования исходного материала гумусовые угли относятся к классу гелитолитов, реже – липоидолитов. Для углей характерны большое содержание витринизированной массы, повышенное содержание водорода, значительный выход первичных смол и высокая удельная теплота сгорания, поскольку расположение растительного материала происходило в благоприятных условиях обводненности торфяников, в восстановительной среде. Высокие показатели содержания микрокомпонентов группы витринита у углей марок Г, Ж и К способствуют повышению их спекаемости. Суммарное содержание фюзенизированных компонентов имеет подчиненное значение и не превышает 10% [5,7].

Физико-химические свойства углей сахалинских месторождений следующие. Максимальная влагоемкость бурых углей 18-20, каменных - 9-10%. Среднее значение выхода летучих веществ бурых углей 49% (не более 53%), каменных - в интервале 33,5-35%. Содержание общей серы 0,15-0,5%, пиритной 0,003-0,006%, сульфатной 0,01-0,04%. Такая незначительная концентрация

серы связана с наличием низкопроницаемых глинистых пород-покрышек в кровле угольных пластов, которые предотвращали проникновение сернистых соединений морских вод и угольную массу [7]. Угли относятся к малофосфористым. Содержание фосфора на сухой уголь составляет 0,01-0,08%. Количество гуминовых кислот увеличивается с понижением степени метаморфизации и у бурых углей достигает 15-17%, у каменных оно обычно составляет 0,5-1% [6,7].

Минеральные примеси сингенетического характера представлены обломками кварца, слюды, кальцита, сфена, циркона. К трещинам в сформировавшемся угольном пласте приурочены эпигенетические минеральные включения кальцита, пирита, гипса, кремнистых и карбонатных пород [5].

По содержанию золы угли мало- и среднезольные. Наибольшее содержание золы характерно для углей марки Г нижнедунайской свиты - 18-29%. Минимальные значения - 8% присущи тощим углям. Зольность углей марок Б, Д, Ж и К имеет среднее значения 15-25% при наличии отдельных пластов с зольностью 30-35%. Внутренняя зола, которая связана с минеральными веществами исходного растительного материала, обычно не превышает 2-3%. Зола породных прослоек составляет 30-35% и более. Зола преимущественно тугоплавкая (1350-1500 °С), кремнистая, кислая. Модуль кислотности значительно больше единицы. Силикатный модуль составляет 1,5-3; глиноземный 3-6 (наивысшие значения отмечены на Горнозаводском месторождении – до 30, при этом снижается температура плавления золы до 1330°С); кремниевый 0,3-0,6; гидравлический 0,01-0,14. Зола углей Сахалинского угольного бассейна в среднем содержит, %: 40-65 SiO₂; 15-30 Al₂O₃; 2-10 Fe₂O₃; 1-2 P₂O₅; 2-10 CaO; 1-5 MgO; 1-3 SO₃. Содержание углекислоты карбонатов обычно не превышает 0,5% [7]. Удельная теплота сгорания углей высокая. Минимальные значения наблюдаются у бурых углей – 18 МДж/кг, для каменных характерны 22,2 - 28,8 МДж/кг. Толщина пластического слоя углей марки Г 7-16 мм, Ж – 18-28 мм, К – 15-17 мм.

Коксовый королек углей марок Г, Д и Т порошкообразный и слипшийся; при этом с повышением его метаморфизованности переходит от слабого к сильно вспученному.

Коэффициент сопротивления разлому 0,7-0,97 (трудноразламываемые) у бурых и длиннопламенных углей. Угли марок Г, Ж, и К характеризуются меньшей сопротивляемостью разлому – 106-1,12.

Бурые угли характеризуются высоким выходом первичных смол – 8-16%, для углей марки Д показатель равен 9-19%, для марок Г и СС – 10-18% [7].

Обогатимость углей у различных месторождений и даже пластов непостоянна. Она изменяется от легкой к средней у неогеновых углей и до трудной и чрезвычайно трудной для углей палеогенового возраста. Обогащение происходит преимущественно по содержанию золы, поскольку значения по фосфору и сере остаются практически неизменными. Наличие глинистого материала тесно связано с органической массой, в углях палеогенового возраста объясняет их трудную обогатимость.

На разведанных месторождениях зона выветрелых углей практически отсутствует, за исключением Солнцевского месторождения, отмечены значительные изменения химических и физических свойств полезного ископаемого. Углям, расположенным не глубже 8-10 м, свойственны повышенные показатели влажности и зольности, пониженное содержание углерода, водорода, а также пониженная теплотворная способность. Величина зоны окисления углей обычно составляет 30-50 м.

Таким образом, уголь Сахалинского бассейна обладает высокими качественными показателями и различными свойствами, поэтому востребован в качестве энергетического топлива, а в перспективе может являться высококачественным сырьем для производства кокса, применяемого в металлургии, синтетического жидкого топлива, углеводородного газа и других продуктов углехимического производства.

1.4 Разведанные запасы и ресурсы угля

Прогнозные ресурсы Сахалинского угольного бассейна оценены по 52 площадям и составляют 14,1 млрд т до глубины 300 м. Из них 78% (10,9 млрд т) приходится на более качественный каменный уголь. Ресурсы, прогнозируемые до глубины 1,5 км, составляют 17,9 млрд т. [4, 5]

Запасы угля на начало 2016 г. учтены 27 месторождениям в объеме 2,4 млрд т, из них по категориям А+В+С₁ – 1,79 млрд т. Угли марки К составляют 9,9% общих запасов каменных углей и развиты в Углегорском и Александровском угленосных районах. Среди запасов категорий А+В+С₁ бурые угли составляют 52,7%, марки Д – 19,2%, ДГ – 9%, на остальные приходится 19,1%.

Основным способом разработки месторождений в регионе является открытый, а разведанные запасы полезного ископаемого, пригодные для извлечения по этой технологии, по сравнению с балансовыми запасами незначительны и составляют 169,9 млн т. Большая часть этих запасов сосредоточена на таких месторождениях, как Солонцевское, Вахрушевское, Новиковское, Горнозаводское, Тихменевское, Верхне-Армуданское и Тихоновичское [4, 8].

1.5 Месторождения Сахалинского угольного бассейна

1.5.1 Тихменевское месторождение

Расположено на восточном побережье центральной части о. Сахалин, на территории Поронайского района. Рельеф района на западе представлен отрогами Западно-Сахалинских гор. на востоке - Поронайской низменностью. Абсолютные отметки рельефа в долинах составляют 60-90 м. на возвышенностях 120-200 м [9]. Основные реки - Большая Тихменевка. Тихменевка и Голубка - протекающие в субширотном направлении и являющиеся притоками р. Леонидовки. впадающей в залив Терпения. Реки

Леонидовка и Большая Тихменевка относятся к числу нерестовых. Речная сеть района достаточно густая и составляет 1-1,5 км². В период ливней и снеготаяния реки увеличивают расход в 20-50 раз.

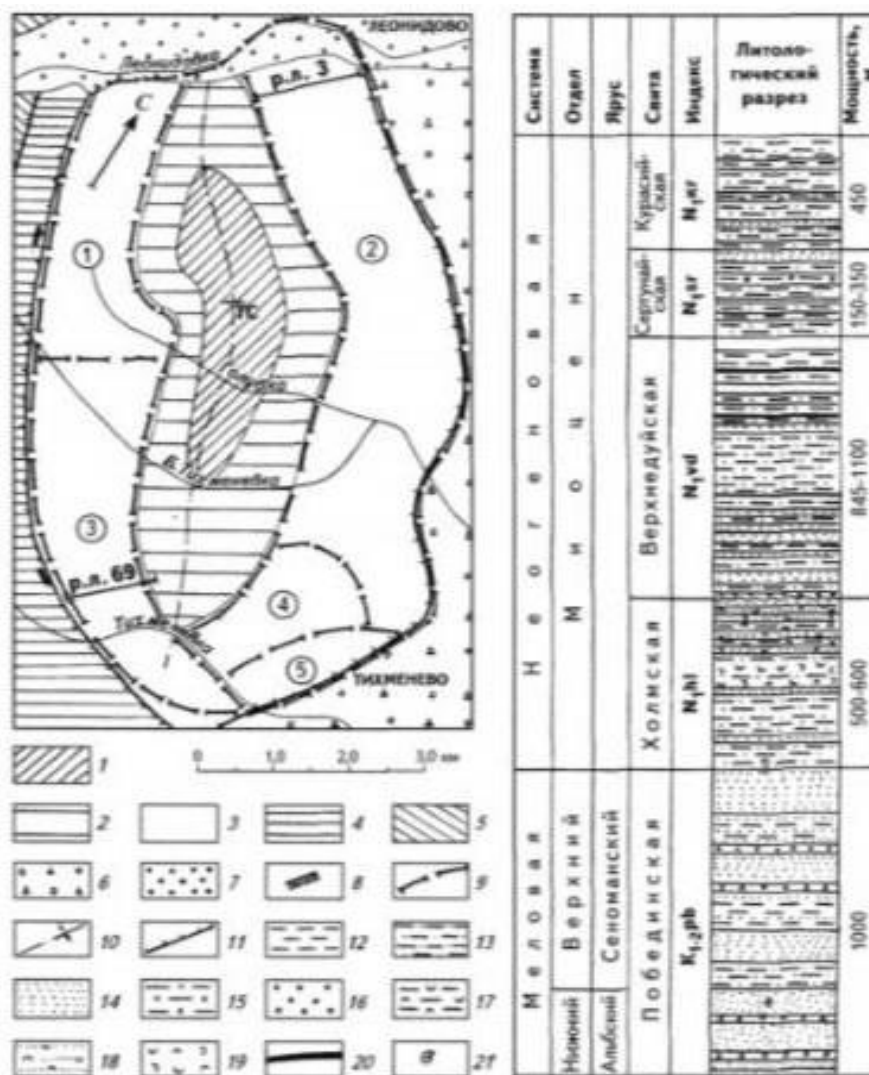
По сейсмическому районированию Поронайский район наименее опасный в семибалльной системе сотрясений. Район месторождения не лавиноопасен.

Месторождение расположено в 15 км западнее г. Поронайска, с которым связано узкоколейной железной дорогой и шоссе. Ближайшая железнодорожная станция островной магистрали Леонидово - расположена на расстоянии 2 км от северной границы месторождения. На площади месторождения находится пос. Тихменево. Площадь месторождения 38 км².

Юго-восточная часть месторождения разрабатывается шахтой "Тихменевская". На западном крыле расположен участок "Западный", на восточном - участки "Северный-1-2".

Тихменевское бурогольное месторождение открыто в 1854 г. приказчиком Российско-Американской компании Д.И. Самариным. Вначале месторождение разведывалось и эксплуатировалось японскими промышленниками. В 1929 г. ими в южной части месторождения была заложена шахта "Найкава", введенная в эксплуатацию в начале 30-х годов. В советский период шахта была переименована в шахту 10/13, а затем в шахту "Тихменевская". Закрыта в 1996 г. как нерентабельная.

Относительно планомерные разведочные работы на Тихменевском месторождении были начаты в 1950 г. и с перерывами проводились до 1982 г. Разведочные работы выполнялись вблизи действующей шахты. В 1951-1956 гг. разведана юго-восточная часть месторождения (А.П. Корнеева, А.С. Шепелев, И.Г. Борисенко). Детально разведано поле шахты "Тихменевская" и прилегающий к нему участок "Восточный-3", на участке "Северный-1" проведена предварительная разведка, а на участке "Северный-2" – поиски (рисунок 1.3).



Участки: (1) - поисковых работ; (2) - "Северные-1, -2"; (3) - "Западный"; (4) - поле шахты "Тихменевская"; (5) - поисковых работ. Отложения: 1 - курасийской свиты (N_{1kr}); 2 - сергунской (N_{1sr}); 3 - верхнедуйской (N_{1vd}); 4 - холмской (N_{1hl}); 5 - побединской (K_{1,2pb}); 6 - верхнечетвертичного звена (Q_{III}); 7 - современного звена (Q_{IV}); 8 - дайки андезит-базальтов (N₁); 9 - граница месторождения, участка; 10 - ось Тихменевской брахисинклинали; 11 - разрывные нарушения. К стратиграфической колонке: 12 - аргиллиты; 13 - алевролиты; 14 - песчаники; 15 - опоковидные алевролиты; 16 - конгломераты; 17 - туфоалевролиты; 18 - туфопесчаники; 19 - туфогенные осадочные породы; 20 - пласты угля; 21 - фаунистические остатки

Рисунок 1.3 - Схематическая геологическая карта Тихменевского месторождения [9]

Стратиграфия. Район Тихменевского месторождения приурочен к зоне сочленения Западно-Сахалинской структурно-формационной зоны, сложенной меловыми отложениями, с Восточно-Сахалинской зоной, выполненной породами неогенового возраста. В плане месторождение ограничено выходами базальных слоев продуктивной верхнедуйской свиты.

В районе месторождения развиты меловые отложения побединской свиты и неогеновые отложения холмской, верхнедуйской (найбутинской),

сертунайской и курасийской свит, повсеместно перекрытые четвертичными осадками различной мощности.

Побединская свита ($K_{1-2} pb$) - отложения свиты по Тымь-Поронайскому надвику надвинуты на породы холмской свиты. В нижней части разреза они представлены мелко-, среднезернистыми песчаниками, массивными, однородными "узорчатыми" с пачками переслаивания (до 10- 15 м) песчаников мелкозернистых и алевролитов с прослоями конгломератов. Верхняя часть разреза свиты сложена чередованием пачек тонкого переслаивания мелкозернистых песчаников и алевролитов, часто плитчатых с прослоями песчаников, гравелитов, конгломератов. Мощность свиты достигает 1000 м.

Холмская ($N_1 hl$) - отложения свиты выходят на дневную поверхность в западной и юго- западной частях месторождения. Они подстилают угленосные отложения верхнедуйской свиты. Взаимоотношение с нижележащей побединской свитой не установлено.

Свита сложена комплексом относительно глубоководных вулканогенно-осадочных и осадочных пород с редкими маломощными прослоям вулканогенного материала. Это алевролиты, туфогенные алевролиты и аргиллигты с редкими прослоями гравелитов, песчаников. Мощность свиты 500-600 м.

Верхнедуйская ($N_1 vd$) - сложена пресноводно-континентальными отложениями со слоями прибрежно-морского происхождения в нижней и верхней ее частях и прослоями вулканогенных пород в нижней половине разреза. На нижележащих отложениях холмской свиты она залегает с размывом и небольшим угловым несогласием.

Верхнедуйская свита залегает в основании разреза Тихменевской брахисинклинали и содержит угольные пласты промышленного значения. По условиям образования, литологическому составу и угленосности свита подразделяется на три подсвиты: нижнюю, среднюю (угленосную) и верхнюю.

Нижняя подсвита сформировалась в условиях отступающего моря и в основании разреза имеет конгломераты, гравелиты и крупнозернистые

песчаники, сменяющиеся вверх по разрезу средне-зернистыми и мелкозернистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами с растительным детритом и маломощными слоями гравелитов, тонкими прослойками углей и углистых аргиллитов, туфов, туфогенных аргиллитов, алевролитов и песчаников. Мощность отложений подсвиты 150 м.

Средняя (угленосная) подсвита вмещает до 11 рабочих пластов угля (I, II, II^B, III, III^B, IV, IV^H, VI, VII, VII^B, IX). Цитологический состав подсвиты включает ритмичное переслаивание аргиллитов, алевролитов, мелко-, среднезернистых песчаников, пластов угля и углистых аргиллитов. Для нижней и средней частей подсвиты характерны прослои гравелитов и туфов, туфогенных аргиллитов, алевролитов, песчаников. Мощность средней подсвиты закономерно возрастает в северо-западном направлении от 425 до 720 м при среднем ее значении, равном 565 м.

Верхняя подсвита образовалась в условиях полуоткрытого моря. Отложения подсвиты представлены преимущественно темно-серыми алевролитами с прослойками аргиллитов и песчаников, содержащими отпечатки раковин моллюсков. В основании разреза подсвиты залегают аргиллиты, внутри которых отмечается слой мощностью 5-7 м с обильными остатками раковин *Corbicula gabbiana*. Для верхней части разреза характерны светло-серые пятнистые мелко- и среднезернистые песчаники. Мощность подсвиты на месторождении составляет 240 м.

Общая мощность верхнедуйской свиты изменяется на месторождении от 845 до 1110 м и в среднем составляет 955.

Сертунайская (N₁ sr) - залегает на верхнедуйских отложениях согласно с постепенным переходом и распространена в ядре Тихменевской брахисинклинали.

Разрез свиты состоит из слоев серых и темно-серых мелко-среднезернистых песчаников и аргиллитов в нижней его части, с редкими отпечатками раковин моллюсков. Мощность свиты 150 м.

Курасчйская (N₁ kr) - отложения свиты в пределах месторождения

распространены в ядре брахисинклинали, где вскрыты скважиной до глубины 115 м. Представлены монолитной толщей светло-серых опоконидных аргиллитов и алевролитов. Полный разрез свиты на месторождении не изучен. Ее мощность, по данным смежных с месторождением районов, достигает 450 м.

Четвертичные отложения - на месторождении представлены нижне-верхнечетвертичным (Q_{I-III}) и современным (Q_{IV}) звеньями. Нижне-верхнечетвертичные аллювиальные отложения развиты в северо-восточной части месторождения, где они полностью закрывают выходы угленосной верхнедуйской свиты. Разрез в верхней части представлен серыми, желтыми и буровато-желтыми суглинками и реже - серовато-зелеными песками с галькой осадочных и метаморфических пород. Мощность его изменяется от первых метров до 10-12 м. Ниже этих осадков залегают валунно-галечниковые и галечниковые отложения с песчаным и глинистым заполнителем мощностью до 12-18 м. Суммарная мощность нижне-верхнечетвертичных отложений достигает 15-20 м.

Современные элювиально-делювиальные и аллювиальные отложения сплошным чехлом перекрывают все миоценовые образования месторождения. Редкие обнажения коренных пород эпизодически встречаются только в крутых обрывах речных долин.

Элювиально-делювиальные отложения - суглинки, супеси, глина с песком - являются продуктами выветривания аргиллитов, алевролитов и песчаников. Они имеют мощность 1-2, реже - 2,5-3,5 м. Аллювиальные отложения слагают первую надпойменную террасу высотой 3-5 м, высокую, низкую пойму и русла рек Голубки, Б. Тихменевки, Тихменевки и, особенно широко, развиты в долине реки Леонидовка. Состоят из галечников, песков, суглинков и глин. Мощность их достигает 6 м.

Общая мощность четвертичных отложений в северо-восточной части месторождения увеличивается до 20-30 м.

Угленосность и фациальные условия. Верхнедуйская свита вмещает до 21 угольного пласта, из которых промышленное значение имеют 11 (сверху

вниз): IX, VII^B, VII, VI, VI^H, IV, III^B, III, II^B II и I.

Промышленная угленосность приурочена к средней угленосной подсвете. По характеру угленосности подсвета условно делится на три пачки (горизонта).

Накопление растительного материала подсветы происходило в относительно устойчивых, обводненных, слабопроточных и проточных торфяных болотах. Исходным материалом для образования углей служила древесная растительность, среди которой значительную роль играли хвойные и кустарниковые.

Нижняя угленосная пачка сформировалась в обстановке предгорной равнины, средняя – заболоченной приморской низменности, верхняя – периодически осушающихся лагун и заливов. Первым двум пачкам свойственны фации русел, пойм, озер и речных выносов в них, заболачивающихся водоемов и торфяных болот.

Преобладающие фации верхней подсветы - это фации лагун и заливов, баров, речных выносов в бассейн. Отложения подсветы характерны для обстановки полуоткрытого моря. Верхние угольные пласты IX-VI^H (верхняя пачка) имеют на месторождении наибольшее промышленное значение, сформировались при более стабильном геотектоническом режиме седиментации, чем нижние пласты (III^B-I). Верхние пласты угля имеют простое или относительно сложное строение и относятся к типам пластов средней мощности и мощных.

Мощность верхней угленосной подсветы на месторождении изменяется от 95 до 150 м. Максимальные мощности отмечаются в северной и южной частях месторождения, минимальные - в средних частях участков "Северный-1, -2" и "Западный". Суммарная мощность рабочих угольных пластов изменяется от 6-7 на севере месторождения до 12-15 м в его южной части.

Нижние угольные пласты формировались при менее стабильном геотектоническом режиме седиментации, имеют сложное и очень сложное

строение, относятся к типам пластов мощных, средней мощности и тонких.

Мощность нижней угленосной пачки на месторождении изменяется от 115 до 190 м. Максимальные мощности ее отмечаются на участке "Западный", минимальные - на восточном крыле и юго-восточной части месторождения. Суммарная мощность рабочих угольных пластов нижней пачки изменяется от 8 на севере до 10-13 м на юге месторождения.

Пласты VI и IX на месторождении отнесены к выдержанным, пласт VII (северная часть участков "Северный-1, -2") и пласты VI^H, III на всей площади месторождения, пласты VII, II^B и II на участке "Западный" отнесены к относительно выдержанным. Все остальные пласты отнесены к невыдержанным.

Горно-геологические условия. Тихменевское бурогольное месторождение по инженерно-геологическим условиям разработки относится к месторождениям средней сложности. При ведении горно-эксплуатационных работ вмещающие породы в выработанном пространстве ведут себя как весьма неустойчивые, неустойчивые и иногда - среднеустойчивые. Ведение горно-эксплуатационных работ осложняет широко распространенные ложные кровли и почвы, представленные углистыми аргиллитами, слабыми аргиллитами, бентонитовыми глинами или переслаиванием этих разностей мощностью до метра, наличие мелкоамплитудных разрывных нарушений и сильно набухающих пород, повышенная трещиноватость и снижение прочности пород в зонах некоторых разрывных нарушений и в зоне выветривания.

Породы угленосной верхнедуйской свиты на Тихменевском месторождении относятся к полускальным, в основном, малой (менее 2,5 МПа) и средней (2,5-15,0 МПа) прочности. Средние значения прочности основных литологических типов (в МПа): аргиллитов - 6,2, алевролитов - 8,0, песчаников - 7,9. Все породы размокаемы. Время размокания - от нескольких часов до трех суток.

Поле шахты "Тихменевская" приурочено к южному флангу месторождения. По сложности геологического строения месторождение

относится ко второй группе. На шахтном поле 10 пластов угля со средней мощностью 1,36-3,27 м. Углы падения пластов 35-60°. Шахтное поле вскрыто наклонными стволами под углом 18-20°.

На выходах под наносы велась и планируется АО "Поронайскуголь" ограниченная добыча угля открытым способом.

Закрытая шахта "Тихменевская" относилась по газоносности к сверхкатегорийной. На месторождении выделяются две газовые зоны: зона газового выветривания и зона метановых газов.

Метаноносность на месторождении закономерно увеличивается с глубиной залегания угольных пластов. На глубине 300-350 м она составляет (в м³/т г.м.): верхняя группа (пласты IX-VI^H) - 9,0-9,5; нижняя (пласты IV-I) - 7,5-8,0.

Метаноносность изменяется по площади и по пластам неравномерно, имея средние значения 2,0-4,0 м³/т г.м.

Суфлярных выделений, выбросов угля и газа в период эксплуатации шахты не наблюдалось. Неравномерное распределение газа в угольных пластах приводит к неустойчивым повышенным значениям газообильности горных выработок. Угли склонны к самовозгоранию, по выбросоопасности угля и газа угольные пласты относятся к неопасным, а по угольной пыли - к опасным. Вмещающие породы силикозоопасны. Глубина зоны выгорания угля по вертикали от дневной поверхности до 10 м. Средняя глубина зоны выветривания для различных литологических разностей от 25 до 45 м.

1.5.2 Горнозаводское месторождение

Расположено в южной части западного побережья о.Сахалин и протягивается узкой полосой протяженностью 35 км от мыса Казакевича на севере до пос. Лужки на юге. Площадь месторождения 45 км².

В орогидрографическом отношении район месторождения находится в области западного предгорья Южно-Камышового хребта, протягивающегося в

меридиональном направлении. Рельеф местности низкогорный, расчлененный. Максимальные высотные отметки составляют 300-315 м.

Основные реки района - Лопатинка и Шебунинка. Направление речных долин широтное и субширотное. Все они берут начало с отрогов Южно-Камышового хребта и впадают в Татарский пролив. В центральной части месторождения протекают реки Волчанка, Поярковка, а на юге - р. Чкалова.

Район месторождения хорошо обжит. К югу, в 15 км от морского порта Невельск, расположен г. Горнозаводск, а в 30 км - пос. Шебунино. В обоих населенных пунктах имеются одноименные шахты. Ведущая отрасль экономики - угледобывающая. Интенсивное развитие в последние годы получило сельское хозяйство и строительная индустрия. Вдоль берега Татарского пролива проходит железнодорожная магистраль Шебунино-Холмск. Последний является портовым городом и расположен в 75 км севернее пос. Шебунино.

Месторождение открыто И.А. Лопатиным в 1867-1868 гг. Первые разведочные и эксплуатационные работы начались в 1929-1930 гг. Первая геологическая карта района масштаба 1:50 000 с предварительными данными по стратиграфии и тектонике была составлена японскими геологами в 1935-1936 гг.

Систематические геологические исследования начались с 1947 г. с составления геолого-промышленного очерка по угольным месторождениям Южного Сахалина (Н.И. Кузнецов, М.Е. Магазов, В.С. Огарков). С 1947 по 1956 г. геологоразведочные и научно-исследовательские работы на месторождении проводились под руководством А.И. Мудрого, Ю.В. Мельникова, В.Т. Шейко, Л.Н. Марковой, Л.М. Саяпиной и др. В последние годы в разведку и освоение Горнозаводского месторождения значительный вклад внесли геологи Г.А. Костенко, В.В. Пимахов, В.П. Кожевникова, А.Ф. Селиванова, В.В. Сигов и др.

Стратиграфия. Горнозаводское месторождение приурочено к западному крылу Западно-Сахалинского антиклинория и ограничено

выходами угленосной верхнедуйской свиты миоцена (рисунок 1.4). Угленосная формация относится к геосинклинальному типу [9].

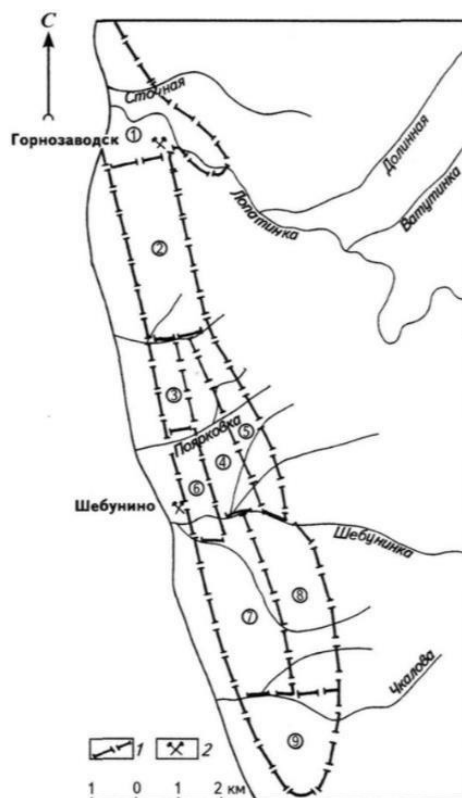


Рисунок 1.4 – Схема расположения участков и шахтных полей Горнозаводского месторождения

1 – границы участков; 2 – действующие шахты: (1) – участок «Лопатинский», (2) – поле шахты «Горнозаводская», (3) – участок «Шебунинский-Северный», (4) – «Шебунинский-Глубокий», (5) – «Шебунинский-Восточный», (6) – поле шахты «Шебунино», (7) – участок «Ивановский-Западный», (8) – «Ивановский-Восточный», (9) – «Ивановский-Южный»

В геологическом строении месторождения принимают участие верхнемеловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные образования (рисунок – 1.5).

Отложения красноярковской свиты ($K_2 kr$) выходят на крайнем юго-востоке в ядре Горнозаводской антиклиналии и представлены переслаиванием туфопесчаников и туфоалевролитов, песчаников, известковых песчаников. По генезису это морские и прибрежно-морские образования общей мощностью более 300 м, кампанмаастрихтского возраста.

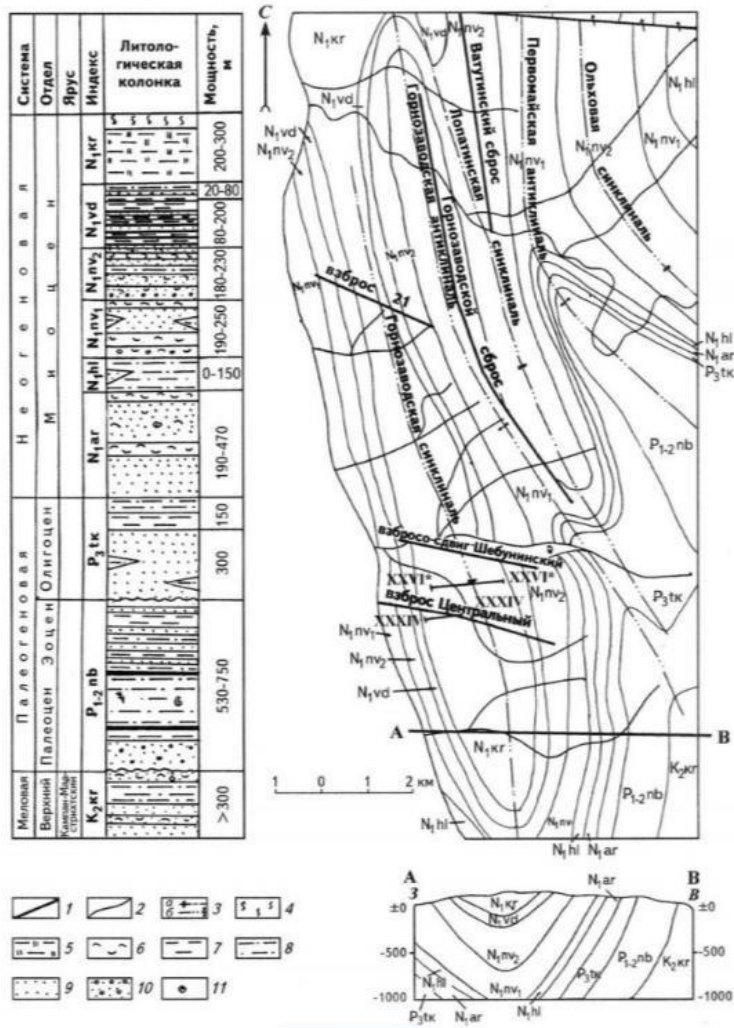


Рисунок 1.5 – Схематическая геологическая карта горнозаводского месторождения

1 – тектонические нарушения; 2 – границы свит; 3 – оси синклиналий (а) и антиклиналий (б) складок.
 К стратиграфической колонке: 4 – опоки, 5 – кремнистые аргиллиты, 6 – туфы, туфогенные породы, 7 – аргиллиты, 8 – алевролиты, 9 – песчаники, 11 – фауна

Найбутинская (нижнедуйская) свита (P₁₋₂ nb) - слагает крылья Первомайской и Горнозаводской антиклиналей и залегает с размывом на отложениях красноярковской свиты. Состоит из переслаивания песчаников, алевролитов, аргиллитов, углей и конгломератов. Широко развиты конкреции известковистых песчаников. В разрезе свиты установлено 13 угольных пластов мощностью от 0,3 до 7,0 м. восемь из которых имеют рабочие параметры. Мощность свиты достигает 750 м, возраст - эоценовый.

Такарадайская (P₃tk) - также слагает крылья вышеупомянутых антиклиналей и залегает с размывом на отложениях найбутинской свиты. В

нижних частях разреза отмечено переслаивание песчаников и алевролитов с известковистыми конкрециями, а в верхних - преимущественно алевролиты и аргиллиты. Общая мощность свиты 450 м. возраст – олигоценый.

Аракайская (N₁ ar) - согласно залегает на такарадайских отложениях и представлена зеленоватыми и темно-серыми от мелко- до среднезернистых песчаников, реже туфами. Мощность свиты достигает 470 м, возраст нижнемиоценовый.

Холмская (N₁ hl) - согласно покрывает отложения аракайской свиты и представлена алевролитами с прослоями туфогенных песчаников и туфов. Она, как и аракайская, слагает крылья Первомайской и Горнозаводской антиклиналей. Мощность свиты до 150 м, возраст - нижне-среднемиоценовый.

Невельская (N₁ nv) - согласно залегает на холмской и получила широкое распространение на месторождении, подстилая основные продуктивные отложения синклинальных структур. Подразделяется на две подсвиты: нижние - и верхне-невельскую. Нижняя сложена вулканогенно-осадочными породами преимущественно грубого состава мощностью до 250 м, а верхняя - как вулканогенно-осадочными, так и нормальными осадочными породами различного гранулометрического состава. Мощность ее до 230 м, возраст - средне-миоценовый.

Верхнедуйская (N₁ vd) - приурочена к Горнозаводской синклинали и сложена тонкообломочными отложениями, согласна залегающими на образованиях невельской свиты. Разделяется на два горизонта: нижний угленосный и верхний безугольный. К нижнему продуктивному горизонту приурочено 11 угольных пластов месторождения и четыре-шесть линзообразных маломощных прослоев углистых пород. В основании горизонта обычно залегает прослой песчаников, а в целом он представлен чередованием аргиллитов, алевролитов с примесью туфогенного материала, песчаников различной зернистости, иногда до грубозернистых с включениями галек пород различного состава. В качестве надежного маркирующего горизонта прослеживается группа из трех сближенных пластов угля, распространенная в

основании разреза по всему месторождению.

Верхний безугольный горизонт залегает согласно на угленосном. Имеет небольшую мощность (20-80 м) и является маркирующим. Представлен преимущественно переслаиванием песчаников с аргиллитами и алевролитами. С севера на юг установлено увеличение туфогенного материала в литологических разностях пород. Для горизонта характерно обилие растительного детрита разной степени сохранности и линзы угля. Мощность горизонта увеличивается в направлении с севера на юг.

Мощность верхнедуйской свиты достигает 280 м, составляя в среднем 130-150 м, возраст – среднемиоценовый.

Курасийская (N₁kr) - слагает ядро Горнозаводской синклинали и залегает согласно на образованиях верхнедуйской свиты. Нижняя часть свиты - кремнистые аргиллиты, верхняя - опоки. Общая мощность свиты достигает 300 м, возраст – верхнемиоценовый.

Четвертичные отложения (Q) - представлены широко развитыми современными аллювиальными и прибрежно-морскими образованиями: песками, глинами, галечниками, илами. Наибольшая мощность (68 м) встречена в долине р. Шебунинки.

Тектоника. Нижний структурный этаж месторождения сложен комплексом геосинклинальных образований верхнего мела. Отложения угленосной формации палеоген-неогенового возраста выполняют средний структурный этаж, четвертичные - верхний. Горнозаводское бурогольное месторождение - сложно построенная синклинальная структура третьего порядка, сформированная на западном крыле Западно-Сахалинского антиклинория. Синклиналь вытянута на 35 км в субмеридиональном направлении. Углы падения пород на крыльях изменчивы и колеблются от 20 до 80°, увеличиваясь в северном направлении. В этом же направлении уменьшается и общая ширина структуры до 1,5-1,6 км, размах крыльев которой в центральной части достигает 3,5-4,0 км. Максимальная глубина прогибания синклинали по подошве верхнедуйской свиты достигает 1,1 км.

Кроме основной Горнозаводской синклинали, с которой связано рассматриваемое месторождение бурых углей, к востоку от нее отложения смяты в серию складок северо-западного и субмеридионального простирания: Горнозаводская и Первомайская антиклинали: Узкая, Лопатинская и Ольховская синклинали.

Качество и технологические свойства углей. Макроскопически угли черного, буровато-черного цвета, преимущественно полуматовые с прослоями матового и полублестящего угля. Общий блеск углей обусловлен количественным содержанием минеральных компонентов, преимущественно глинистого вещества. Незначительно, в виде тонких слоев, наблюдаются тусклые блестящие разности. По макроструктуре угли месторождения чаще неоднородные полосчатые и линзовидно-полосчатые, нередко имеют тонкоштриховатую матовую основу.

Большинство угольных пластов генетически связаны с фациями обводненного застойного и обводненного периодически проточного торфяного болота. Исходным материалом для образования этих углей послужили преимущественно остатки высших растений: стеблей древесины, тканей коры и паренхимных тканей листьев. Установлено небольшое количество сапропелево-гумусового материала в угольных пластах, что указывает на связь торфяного болота, где шло образование углей, с озерами, богатыми планктоном и водорослями.

Мацеральный состав углей на 90-94% представлен витринитом в виде ксиловитреновой основной массы, встречающейся обычно совместно с аттритовой, и фрагментов. Последние составляют не более 10-15% органической массы угля, имеют часто неотчетливые контуры, небольшие размеры, плохо сохранившуюся тканевую структуру, преимущественно стеблевой древесины. Видимо, образование этих углей следует связывать с восстановительной обстановкой разложения, что привело к высокой степени остудневания растительных тканей и образованию большого количества бесструктурных и слабоструктурных гелифицированных мацералов, а в

результате - к образованию ксилогелитовых углей, преимущественно (на 64%) слагающих угольные пласты Горнозаводского месторождения.

Минеральные примеси в углях (7-15%) состоят в основном из глинистого вещества, в небольшом количестве карбоната, кварца, полевого шпата, сульфидов железа [9].

Попутные полезные ископаемые и компоненты. На площади Горнозаводского месторождения бурых углей в настоящее время ведется эксплуатация запасов опок из отложений курасийской свиты, используемых Поронаиским цементным заводом, потребности которого полностью удовлетворяются.

Повышенное содержание двуокиси кремния в углях позволяет рекомендовать золы и шлаки для абразивной обработки вместо кварцевого песка в пескоструйных установках, а зольные уносы - в качестве сорбентов однократного действия для очистки промышленных стоков. Золошлаковые отходы пригодны также для производства аглопорита и в качестве добавки к инертным наполнителям в бетоны.

Промышленных концентраций редких и рассеянных элементов в углях и вмещающих породах не установлено.

Геоэкологические условия. Высоких содержаний токсичных и радиоактивных элементов в углевмещающих породах не установлено.

Возможности возникновения пожаров вследствие самовозгорания углей предотвращаются проведением профилактических работ по их предупреждению. За счет средств шахт ведутся планомерные работы по восстановлению нарушенных земель при эксплуатации. В результате проводимых эксплуатационных работ происходит нарушение гидрогеологического режима подземных и поверхностных вод.

При этом дренажные неочищенные воды сбрасываются в поверхностные водотоки. Долгосрочной программой предусматривалось строительство очистных сооружений на шахте «Шебунино» и расширение действующих на шахте «Горнозаводская».

1.5.3 Солнцевское месторождение

Месторождение бурых углей расположено на западном побережье центральной части острова Сахалин, в 10 км к юго-востоку от г. Углегорска [5]. Промышленный интерес представляют выходы угленосной верхнедуйской свиты западнее долины р. Углегорки, где выделяются разведочные участки «Южный» и «Центральный». Детально разведана южная часть участка «Южный» площадью 8,6 км².

Стратиграфия. В геологическом строении месторождения участвуют осадочные и вулканогенно-осадочные отложения палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов.

Палеогеновые (Р) отложения – представлены морскими образованиями краснопольевской, такарадайской и аракайской свит.

Отложения краснопольевской свиты (Р_{2kr}) – развиты в ядре Соболевской антиклинали и представлены толщей мелко-, среднезернистых песчаников, с редкими прослоями алевролитов и конгломератов, переслаиванием песчаников и алевролитов. Видимая мощность свиты до 1150 м, возраст – эоценовый.

Отложения такарадайской (Р_{2tk}) свиты – распространены на небольших участках в восточной и западной частях района и представлены толщей алевролитов, с редкими прослоями мелкозернистых песчаников. Видимая мощность до 600 м, возраст – эоценовый.

Отложения аракайской свиты (Р_{2ar}) – согласно залегают на нижележащих и включают трупопесчаники, туфоалевролиты, песчаники, алевролиты и аргиллиты. Мощность этих отложений составляет 650-1050 м, возраст – олигоценый.

Неогеновые отложения (N) – имеют широкое распространение в районе и представлены вулканогенно-осадочными, нормально-осадочными и угленосными образованиями, расчлененными на четыре свиты: холмскую, верхнедуйскую, курасийскую и маруямскую.

Отложения холмской свиты (N_{1hl}) – распространены в восточной и южной частях района, обнажаясь на крыльях Углегорской синклинали. Морские образования свиты согласно залегают на нижележащих осадках аракайской свиты, мощность свиты 450-680 м, возраст – нижнемиоценовый.

Верхнедуйская свита (N_{1vd}) – продуктивная – залегают на отложениях холмской свиты с небольшим размывом, без видимого углового несогласия. Представлена угленосными пресноводно-континентальными отложениями, сменяющимися вверх по разрезу прибрежно-морскими. Свита расчленена на три подсвиты, мощность ее в районе достигает 1160 м, возраст – среднемиоценовый.

Отложения курасийской свиты (N_{1kr}) – согласно перекрывают угленосные образования верхнедуйской свиты и представлены морскими глинисто-алевролитовыми осадками, темно-серыми до черных аргиллитов и алевролитами и их переслаиванием. Вверх по разрезу они сменяются буровато-серыми опоковидными алевролитами. Мощность свиты до 1700 м, возраст – среднемиоценовый.

Отложения маруямской свиты (N_{1-2mr}) – распространены только в юго-западной части площади и включают серые и темно-серые алевролиты, аргиллиты и песчаники. Мощность свиты до 2100 м, возраст – верхнемиоценовый-плиоценовый.

Четвертичные отложения (Q) – представлены верхнечетвертичными и современными звеньями. Отложения первого из них распространены в западной части района, на берегу Татарского пролива, где сосредоточены мелко-, среднезернистые пески с прослоями и линзами гравелитистых песков, гравийников и галечников, слагающие чехлы высоких абразионно-аккумулятивных террас. Мощность их до 15 м. Современные отложения – это аллювиальные, аллювиво-делювиальные и делювиальные осадки: гравийно-галечники с песчано-алевролитовым заполнителем, пески, алевролиты мощностью до 35-55 м (долина р. Углегорки); суглинки с обломками коренных пород мощностью от 1-2 до 5-10 м; средне-, мелкозернистые пески с гравием и

галькой мощностью до 5 м (берег Татарского пролива); болотные образования, состоящие из глины, суглинков, торфа мощностью до 8 м (долина р. Углегорки).

Тектоника. Солнцевское буроугольное месторождение расположено в южной части Углегорской синклинали, являющейся структурой второго порядка Западно-Сахалинского антиклинория. Средний структурный этаж сложен комплексом сложно дислоцированных отложений палеогена и неогена.

Строение района находится под влиянием крупного меридионального Западно-Сахалинского глубинного разлома, расположенного вблизи побережья в Татарском проливе и установленного здесь геофизическими методами. С этим разломом связаны интенсивная дислоцированность пород, широкое распространение пластовых и секущих плиоценовых интрузий щелочного и субщелочного составов. Непосредственно на Солнцевском месторождении магматические породы развития не получили.

Другим крупным разрывным нарушением в районе является меридиональный Соболевский сброс, осложняющий ядро одноименной антиклинальной складки. По плоскости этого разлома неогеновые отложения сброшены на запад на 2500-3000 м. Широко распространены также другие разрывные нарушения субмеридионального, северо-восточного и северо-западного направлений.

Углегорская синклиналь протягивается от южной границы Солнцевского месторождения в север-северо-западном направлении за пределами северной ее границы. Длина складки в пределах месторождения составляет 20 км.

Южная часть Углегорской синклинали, к которой приурочено Солнцевское буроугольное месторождение, имеет площадь около 100 км² и характеризуется сложным строением.

Складчатая структура месторождения в значительной степени осложнена разрывными нарушениями различной ориентировки и величины.

Разрывные нарушения генетически связаны с тектоническими

движениями плиоценового возраста (сахалинская фаза тектогенеза) и относятся к постседиментационным. Сбросы распространены более широко, чем разрывные нарушения взбросового типа. Это характерно для угольных месторождений Углегорского района Сахалина. Многие, особенно крупные разрывные нарушения, прослеживаются из менее пластичных, подстилающих угленосные отложения, пород холмской и аракайской свит. Другие нарушения не выходят за пределы угленосных отложений.

Магматизм. Западнее и юго-западнее площади Солнцевского месторождения угля распространены дайки андезитов и базальтов, прорывающие отложения краснопольевской, такарадайской, аракайской и холмской свит. Они относятся к Сергеевскому магматическому комплексу позднепалеоген-раннемиоценового возраста. На площади месторождения магматические породы не встречены.

Угленосность и фациальные условия. На фоне общего опускания территории накапливаются прибрежно-морские отложения, сначала грубые (песчаники и гравелистые песчаники), а затем все более тонкозернистые. Мелкие колебательные движения обуславливают местные размывы накопившихся осадков [9].

Происходит формирование обширных предгорных прибрежных равнин, на которых создаются условия для возникновения торфяных болот и, соответственно, накопления органического материала. В этих фациальных условиях идет формирование средней угленосной подсвиты. Нижняя и средняя части ее сформировались в пресноводно-континентальных, а верхняя часть – в прибрежно-морских условиях.

В дальнейшем произошла относительная стабилизация осадконакопления, колебательные движения стали более крупными и более редкими, что обусловило накопление средней угленосной пачки, угольные пласты которой имеют уже гораздо более простое строение. В последующем накопление континентальных осадков верхней угленосной пачки периодически прерывалось наступающим морем и формированием осадков в условиях

заливов и лагун.

Сопоставлением разрезов скважин установлено закономерное уменьшение мощности средней угленосной подсвиты на месторождении в направлении с север-северо-запада на юг-юго-восток, т.е. к участку “Южный”, с 685 до 250 м с одновременным уменьшением количества угольных пластов в разрезе с 18 до 11 за счет их слияния и увеличения их мощности в этом направлении.

Промышленно-угленосная средняя подсвита верхнедуйской свиты содержит на участке “Южный” до 12 пластов угля (сверху вниз): I, II, III, III_н, IV_в, IV, IV_н, V, V_н, VI, VII_в, VII. Из них промышленное значение имеют угольные пласты: I, II, III, IV_в, IV, IV_н, V, VI.

По принятому стратиграфическому делению угольные пласты I, II, III, III_н входят в состав верхней угольной пачки, пласты IV_в, IV, IV_н, V, V_н – центральной пачки и пласты VI, VII_в, VII – нижней угленосной пачки.

Промышленная значимость угленосных пачек неравноценна. Центральная угольная пачка по промышленной значимости – основная. Наиболее изученный в геологическом отношении в пределах Солнцевского месторождения – участок «Южный».

Залегающие на участке в основном мощные и средней мощности сложные угольные пласты относительно выдержанные и, в меньшей степени, невыдержанные по мощности и качеству угля.

Пласты имеют тенденцию к осложнению своего строения вниз по разрезу и к увеличению своей мощности – с увеличением одновременно мощности угленосного разреза в север-северо-западном направлении.

Качество и технологические свойства углей. Ископаемые угли Солнцевского месторождения относятся к группе гумолитов, образовавшихся из продуктов преобразования отмерших высших растений в условиях автохтонного их накопления [9].

Угли всех рабочих угольных пластов полублестящие, блестящие, полуматовые, встречаются также полублестящие с полуматовыми разностями с

прослойками углистых аргиллитов, аргиллитов, алевролитов и песчаников.

Структура углей линзовидно-полосчатая с тонкоштриховатой основой, тонкоштриховатая, однородная. Неоднородность углей определяется наличием в основной угольной массе штрихов, линз и полос витрена. Текстура углей чаще массивная неоднородная, реже слоистая массивная неоднородная. Излом углей раковистый, ступенчатый, с параллельной или плитчатой отдельностью. Цвет угля черный, цвет черты углей пластов I, II и III темно-коричневый, пластов IV, V и VI – черный.

В мацеральном составе (в %) углей существенно преобладает витринит (84-91). Подчиненное значение имеют липтинит (7) и интертинит (7-3). Минеральные примеси, преимущественно в виде глинистого вещества, составляют 3-5%.

В среднем до глубины 5 м угли выветрелые, ниже до глубины 12 м окисленные, которые обладают несколько пониженными теплотехническими свойствами, но они могут быть использованы в качестве энергетического топлива.

Для угленосного разреза характерно начало обоих циклов угленакопления: нижнего – пресноводно-континентального и верхнего – прибрежно-морского, с образованием высокозольных углей (пл. VII, VII_в, VI, III, III_н) и завершение их образованием низкозольных углей (пл. IV_н, IV, IV_в, I). По изменению зольности все угольные пласты относятся к типу выдержанных и относительно выдержанных. Высшая теплота сгорания (в МДж/кг) угля на сухое беззольное состояние закономерно увеличивается от верхнего пласта I (26,9) к нижнему пласту VI (30,4) и в среднем составляет 29,4.

Средняя температура плавления (в °С) золы составляет: начала деформации – 1237, размягчения – > 1446, жидкоплавкого состояния > 1472. Коэффициент плавкости золы изменяется от 4,8 (окисленные угли) до 5,9 (неокисленные угли), среднее – 5,4. В целом золы углей являются тугоплавкими.

Зола углей Солнцевского месторождения – слабошлакующая ($R_s=0,05$) и

слабозагрязняющая ($R_f=0,35$) поверхности нагрева котельных агрегатов.

Угли – легко-, средне-, трудно- и очень труднообогатимые. Они среднезольные, средняя зольность чистых пачек равна 12,7%, а горной массы – 18,7. Из-за высокой массовой доли минеральных примесей угли подлежат обогащению. Угли относятся к группе прочных (показатель механической прочности 55-65%). Коэффициент размолоспособности для окисленных и неокисленных углей изменяется от 1,36 до 0,58 и в среднем равен 0,90.

Плотность углей изменяется от 1,42 до 1,63 г/см³. При зольности товарного угля, равной 16,3%, плотность углей равна 1,45 г/см³.

1.5.4 Константиновское месторождение

Участок «Юбилейный» Константиновского бурогоугольного месторождения приурочен к западному крылу Константиновской брахисинклинальной складки, имеет субмеридиональное простирание. Крылья складки асимметричные, западное крыло пологое, с углами падения 15–25°, восточное крутое – угол наклона составляет от 45–50° до 90°, вплоть до опрокинутого залегания. Для обоих крыльев характерно увеличение углов по мере удаления от оси структуры. Абсолютные высотные отметки в пределах участка изменяются от 20 до 180 м, относительные превышения в среднем составляют 60–80 м.

Южная, западная и восточная границы определены площадью распространения угленосных отложений верхнедуйской свиты. В 1953 г. на площади месторождения проведены электроразведочные работы для прослеживания выходов угольных пластов в условиях слабой обнаженности и недостаточной геологической изученности [9].

Угленосными являются отложения верхнедуйской свиты неогенового возраста. Разрез свиты сложен аргиллитами, алевролитами и песчаниками, вмещающими пласты угля и углистых аргиллитов. Общая мощность верхнедуйской свиты в пределах месторождения составляет около 350–400 м.

Свита содержит 10 пластов угля (I, II, III_н, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX) и несколько маломощных пропластков угля и углистых пород, из которых рабочими являются пласты II, IV, V, IX мощностью от 0,3 до 4,9 м (суммарная мощность до 9,6 м).

Наличие угольных пластов большой мощности имеющих выход на дневную поверхность, пологое залегание делают участок перспективным для открытой добычи.

По марочному составу угли относятся к бурым марки Б, группы ЗБ, подгруппы ЗБВ (третий бурый витринитовый). Качественные показатели угля: Ad – 15,2-26,3 %; Wa – 4,3-6,2 %; Std – 0,2-0,55%; Qsdaf – 5566–6466 ккал/кг.

1.5.5 Новиковское месторождение

Расположено в центральной части Тонино-Анивского полуострова и в административном отношении входит в состав Корсаковского район. Площадь месторождения около 4,0 км² [9].

Новиковское бурогольное месторождение известно с 1909 г. До 1945 г. геологические исследования в районе проводили японские геологи. Геологическая съемка масштаба 1:200 000 (А.А. Трепалина) проведена в 1956-1957 гг., масштаба 1:50 000 (В.Т. Шейко и Ю.Н. Тарасевич) – в 1964-1965 гг.

В 1952-1955 гг. бывшим трестом «Сахалинуглеразведка» на площади месторождения проведены поисковые работы. В 1962 г. получены сведения о содержании в углях и угленасыщенных породах германия. Предварительная и детальная разведки площади месторождения по участкам проведены в 1963 по 1989 г.

Площадь месторождения разделена на пять участков: «Северный», «Центральный», «Южный», «Восточный-I» и «Восточный-II». Угли участков «Центральный» и «Южный» - технологическое сырье на германий, угли остальных участков – энергетические. Промышленные запасы угля участков «Центральный» и «Восточный-I» практически отработаны.

Стратиграфия. В геологическом строении месторождения принимают участие мезозойские (новиковская свита), неогеновые (угленосная верхнедуйская и безугольная маруямская свиты) и современные четвертичные образования.

Новиковская свита (J-Knv) – по литологическому составу подразделяется на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю.

Отложения нижней подсвиты слагают ядра антиклинальных складок и представлены, в основном, песчаниками, реже, алевролитами. Мощность подсвиты не превышает 200-30 м, ископаемой фауны в ней не встречено.

Отложения средней подсвиты развиты в восточной части месторождения. Для нее характерна пестрота состава слагающих ее пород. Представлена подсвита чередованием яшм, туфов, эффузивов, песчаников, алевролитов, брекчий, известняков. Толще свойственны частые фациальные изменения. Кремнисто-вулканогенные породы приурочены к низам толщи. К верхней части разреза возрастает роль песчаников и алевролитов. Общая мощность отложений средней подсвиты колеблется от 400 до 800 м. На основании находок крупных иноцерамов и аммонитов верхнемезозойского облика отложения средней подсвиты отнесены к нижнему мелу.

Верхняя подсвита имеет наибольшее площадное распространение. Мощность ее превышает 1400 м. Представлена в основном песчаниками и алевролитами. Отмечаются редкие линзовидные прослои яшм, известняков, туфов и гравелитов. Граница с подстилающей подсвитой устанавливается по исчезновению в разрезе пестрых вулканогенно-кремнистых образований. Мощность подсвиты более 1600 м. На основании фауны (*Pterotrigonia hokkaidoa* na Jehora, *Trigoniidae* sp. indet. u *Sonneratia* sp.) отложения подсвиты отнесены к неже-верхнемеловому возрасту. Общая мощность свиты 2600-3000 м.

Для отложений верхнедуйской свиты (*N₁vd*), залегающей с размывом, угловым и стратиграфическим несогласием на подстилающих породах, характерны непостоянство литологического состава, резкие фациальные переходы пород на коротких расстояниях и изменения их мощностей. По

угленосности, литологическим особенностям и условиям образования отложения свиты расчленяются на две подсвиты: нижнюю угленосную и верхнюю безугольную.

Нижняя угленосная подсвита распространена на месторождении повсеместно. Ее верхний контакт проводится по кровле угольного пласта II.

Отложения подсвиты включают в себя грубообломочные седиментационные брекции при подчиненном количестве конгломерато-брекчий, гравелито-брекчий, гравелитов, реже – грубозернистые песчаники, алевролиты и аргиллиты. Характерны многочисленные линзы сингенетичных сидеритов и рассеянного пирита и обломки лигнитизированной древесины.

В разрезе подсвиты залегают до двух пластов угля, имеющих промышленное значение. Нижний пласт I распространен лишь на участках максимального погружения блоков фундамента, а верхний пласт II развит на месторождении почти повсеместно. Межпластовый интервал представлен алевролитами, сменяющимися вверх песчаниками, гравелитами и конгломерато-брекчиями. Вблизи западного борта депрессии из разреза выпадает нижняя часть подсвиты. Здесь она представлена седиментационными брекчиями, реже – гравелито-брекчиями, угольным пластом II и подстилающими его углистыми и угленасыщенными аргиллитами. Максимальная мощность подсвиты до 340 м.

Верхняя безугольная подсвита состоит преимущественно из неслоистых аргиллитов и алевролитов с двумя-тремя слоями туфов кислого состава мощностью от 0,2-0,5 до 5-10 м. В крайней юго-западной части месторождения туфы слагают толщу мощностью 100 м и по размерности обломочного материала относятся к туфобрекчиям и агломератовым туфам.

В западной части участков «Центральный» и «Южный», где верхний угольный пласт II выклинивается, происходит фациальное замещение аргиллитов и алевролитов подсвиты грубозернистыми песчаниками, гравелитами и гравелито-брекчиями на песчано-глинистом цементе.

Мощность подсвиты увеличивается в сторону максимального прогиба

депрессии и достигает на участке «Южный» 200 м. Максимальная мощность свиты в границах месторождения 250 м.

В средней части разреза свиты на Новиковском месторождении установлены пресноводные *Viviparus* sp. и соленатоводные *Corbicula* sp., а также обильные отпечатки флоры, в верхней части – собрана морская фауна *Nuculana* sp., *Masoma* sp. и др., характеризующие ее возраст как среднемиоценовый.

Маруямская (N_{1-2mr}) – распространена в основном на северо-востоке депрессии. В юго-западной и центральной ее частях она выделена лишь в осевой части Юго-Западной синклинали. В пределах участка «Восточный-1» отложения свиты отсутствуют.

Граница между отложениями верхнедуйской и маруямской свит на большей части площади депрессии проведена условно. Залегание пород, как правило, согласное, без признаков перерыва, в единичных случаях отмечаются четкие размывы и угловые несогласия в залегании слоев.

В основании свиты, на юго-западном борту депрессии, залегают грубообломочные отложения: гравелито-брекчии, конгломераты мелкогалечниковые, мелкозернистые пески, туфоалевролиты, аргиллиты угленасыщенные с линзами и прослойками (до 0,25 м) угля.

Верхняя часть разреза сложенная преимущественно туфоалевролитами и песчаниками. В северо-восточной части депрессии полностью отсутствуют грубообломочные породы. Свиты здесь представлена однообразными по облику туфоалевролитами с очень редкими прослоями мелко- и среднезернистых песчаников. Мощность свиты в пределах месторождения достигает 600 м. Полная мощность маруямской свиты до ее размыва составляла на месторождении не менее 1200-1500 м.

Возраст свиты – верхний миоцен-нижний плиоцен – установлен по остаткам морской фауны – *Malletia* sp., *Nuculana* sp., *yoldia* sp., *Masoma* sp., *Ratinopecten* sp. и др.

Отложения четвертичного возраста на месторождении представлены

аллювиальными и делювиальными образованиями. Аллювиальные отложения развиты в долинах рек Черной, Новикова и др. и их протоков и содержат песчано-галечниковый материал. Мощность их достигает 1-3 м.

Делювиальные отложения сплошь покрывают мезозойские и неогеновые образования и представлены суглинками и супесями со щебнем мощностью 1,5- 4,0 м.

Тектоника. Комплекс юрско-меловых отложений месторождения выделен в нижний структурный этаж, неогеновых – средний, а четвертичных – верхний структурный этаж. В структурном отношении месторождение расположено в юго-западной части Новиковской тектонической депрессии и представляет собой ряд обособленных или полубособленных мульд и брахисинклиналей, разделенных выходами на поверхность пород мезозойского фундамента.

Основные структуры месторождения – вытянутые параллельно депрессии в северо-восточном направлении две синклинальные зоны – Северо-Западная и Юго-Восточная. К Северо-Западной зоне приурочены участки «Центральный» и «Северный»; к Юго-Восточной – участки «Южный», «Восточный –I» и «Восточный-II». Северо-западные части складок простого строения и относительно пологого залегания ($20-50^\circ$), юго-восточные и восточные осложнены разломами, ограничивающими депрессию, и угленосные отложения залегают здесь круто, вплоть до вертикального и опрокинутого залегания. На участке крутого залегания распространены многочисленные разрывные нарушения. В центральной и северо-западной частях складок разрывные нарушения единичны.

На месторождении выделяются три группы разрывных нарушений. К первой группе относятся наиболее древние, в частности долгоживущий разлом, контролирующей германиевое оруденение северо-западного направления и ступенчато смещенный более молодыми плиоценовыми разрывами северо-восточного простирания. Разлом как бы ограничивает месторождение с юго-запада. Разлом относится к типу «скрытых» и на геологической карте не

отображается. Глубинный характер разлома устанавливается по косвенным признакам – приуроченности гидротермальных германиевых растворов к наиболее глубинным разломам земной коры. В зоне разлома породы интенсивно изменены вплоть до образования кварцевых, гидрослюдисто-кварцевых и гидрослюдисто-сидерит-кварцевых метасоматитов.

Зона разлома представляет собой, по-видимому, систему кулисообразно сочленяющихся трещин или отдельных разрывных нарушений и зон повышенной трещиноватости. На участке «Центральный» установлено два таких нарушения.

Ко второй группе разрывных нарушений относятся конседиментационные среднемиоценовые разломы, контролирующие на месторождении углеобразование. Они преимущественно субмеридионального простирания и сопровождаются оперяющими их нарушениями других направлений. Разрывы имеют крутое падение (70-80°). Вертикальные амплитуды смещения по ним пород мезозойского фундамента 50-80 м. На участке

«Центральный» и «Южный» эти нарушения развивались по зоне трещиноватости рудоконтролирующего разлома и пространственно с ним совпадают.

В третью группу разрывных нарушений выделяются самые молодые плиоценовые разрывы, преимущественно северо-восточного направления. Эти нарушения являются взбросами и взбросо-сдвигами, по которым мезозойские отложения надвинуты на неогеновые угленосные образования. Углы падения разрывов крутые (60-80°), амплитуда вертикальных перемещений – от 10-15 до 100-300 м. Около разрывных нарушений развита сложная складчатость, часто с образованием опрокинутых складок. Горизонтально залегающие четвертичные отложения выделены в верхний структурный этаж.

Магматизм. В исследуемом районе выделяются три интрузивных комплекса: раннемеловой габбро-перидотитовый, палеогеновый гранитоидный и миоценовый андези-базальтовый.

В районе месторождения интрузивных образований палеогенового и раннемиоценового комплексов не отмечено. Достоверно не установлены также подводящие каналы фиксирующегося в отложениях верхнедуйской и маруямской (курасийской) свит прокластического материала кислого и основного составов.

К раннемеловому габбро-перидотитовому комплексу отнесены небольшие тела и дайки габбро-диоритовых порфиритов, диабазов и трещинные интрузии гранитоидов, прорывающие вулканогенно-осадочные отложения новиковской свиты. Интрузивные тела приурочены к разрывным нарушениям субмеридионального, северо-западного и северо-восточного простирания.

Угленосность и фациальные условия. Характерная особенность разреза верхнедуйской свиты месторождения – постепенная смена фаций в направлении суша-море.

Исходный растительный материал накапливался в условиях заболоченной равнины, с широким развитием речной сети и озер, и подвергался гелификации в обводненных торфяниках, относимых к фациям обводненных болот:

- застойных торфяных, представленных клареновыми углями всех типов со сравнительно небольшим количеством минеральных включений и слагающих пачки и слои чистых малозольных углей и витреновых прослоев;

- периодически проточных торфяных, представленных также всеми типами клареновых углей со средним количеством минеральных терригенных включений в виде микрослойков глинистого материала, что характеризует беспокойную обстановку в период торфообразования и являющихся пластообразующими для месторождения;

- проточных, характеризующихся углями с большим содержанием распределенных в основной массе равномерно минеральных включений, широко распространенных на месторождении генетически связанных с углистыми аргиллитами.

В результате проведенных петрографических исследований углей Новиковского месторождения выяснено, что вещественно-петрографические типы углей и фации ископаемых торфяников на рудных и безрудных участках месторождения практически идентичны.

Верхнедуйская свита содержит два угольных пласта сложного строения (I и II). Основным промышленным пластом месторождения, имеющим повсеместное распространение, является верхний пласт II.

На участках «Центральный» и «Северный» угольный пласт I в разрезе отсутствует, промышленную характеристику имеет лишь на северо-западном крыле участка «Восточный-I», где его подсчетная мощность изменяется от 1,09 до 9,01 м, среднее значение 4,84. Пласт I чаще сложного строения, состоит из 2-8 пачек угля, разделенных прослоями углистых, угленасыщенных аргиллитов и туфогенного песчаника. В ряде мест пласт I простого строения, представлен угольной пачкой мощностью 0,17-8,02 м. По изменению мощность и строению пласт I неустойчивый.

Угольный пласт II сложного строения, состоит из 2-12 пачек угля, разделенных маломощными прослоями аргиллитов, углистых аргиллитов, углистых аргиллитов, грязного угля мощностью 0,05-0,3 м, редко – 1,0-2,28 м. Подсчетная мощность пласта изменяется от 1,43 до 21,9 м при среднем значении 5,36-7,29. По степени устойчивости строения и качества пласт относится к группе относительно устойчивых. Наибольшее практическое значение пласт II имеет в северных, северо-западных и центральных частях участков, в южном и юго-восточном направлениях часто выклинивается.

Качество и технологические свойства угля. Макроскопически угли представляют собой чередование полублестящих, полуматовых и матовых разновидностей. Степень блеска углей обусловлена количественным содержанием минеральных примесей. Преобладают полублестящие угли. Мацеральный состав (в %): витринит – 90, липтинит – 4, семивитринит – 4, инертинит – 2. Исходный материал углей – остатки стеблей древесины, паренхимных тканей листьев. Большинство изученных углей относятся к гумусовым, классу

гелитолитов, типу ксилогелитовому.

Из минеральных включений в углях отмечено глинистое и кремнистое вещество, кварц, сидерит, пирит, халцедон и кальцит.

Общая закономерность для месторождения – увеличение зольности угольных пластов от кровли к почве пласта от 5-10 до 35-40%. Наибольшее изменение летучих веществ наблюдается на участке «Центральный», где их количество уменьшается с восточного на западное крыло складки от 40-42 до 37-38%. На остальной площади месторождения их количество довольно стабильно.

Качественные характеристики германиеносных углей и энергетических отличаются незначительно. Уголь механически прочный с коэффициентом размолоспособности 0,85, термически стойкий. Обогащаемость угля от легкой до средней.

Угли мало- и средnezольные, высококалорийные, с повышенным выходом летучих веществ, с повышенной сернистостью. Обладают высокими теплотехническими свойствами и могут применяться в качестве топлива на котельных установках всех типов.

Средний показатель отражения витринита углей Новиковского месторождения составляет 0,46, Σ ОК – 4%.

В соответствии с ГОСТом 25543-88 угли Новиковского месторождения бурые (марка Б), группы ЗБ, подгруппы ЗБВ (третий бурый витринитовый), кодовый номер углей 0402010.

2 Методика исследования

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

2.1 Опробование и лабораторно-аналитические исследования

Опробование углей и углевмещающих пород месторождений выполнялось по сечениям вкрест простирания угольного пласта по направлению от кровли к почве или от почвы к кровле.

Всего из угольных пластов и углевмещающих пород с исследуемых участков было отобрано 366 проб, в том числе 258 пробы угля и 141 проб из углевмещающих пород:

- на Тихменевском месторождении в 3 пластопересечениях было отобрано 8 проб угля (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Количество и номера проб углей отобранных на Тихменевском месторождении

Угольный пласт	Номер пробы	Количество проб угля
верх. пласт, нижняя пачка	Тих-1-18 – Тих-3-18	3
нижний пласт	Тих-4-18 – Тих-5-18	2
верх. пласт, верхняя пачка	Тих-6-18 – Тих-8-18	3
Итого		8

- на Первомайском месторождении (участок «Графский») на 3 пластопересечениях отобрано 20 проб угля и 12 проб углевмещающих пород (таблица 2.2)

Таблица 2.2 – Количество и номера проб углей и углевмещающих пород, отобранных на Первомайском месторождении

Угольный пласт	Номер пробы	Количество проб, всего	Количество проб угля
V ^a	Гр-1-18 – Гр-9-18	9	5
V	Гр-10-18 – Гр-18-18	9	7
III	Гр-19-18 – Гр-32-18	14	8
Итого		32	20

- в Побединской угленосной площади на месторождении Хандасинско-Семиреченском на 8 пластопересечениях было отобрано 51 проба угля и 30 проб углевмещающих пород (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Количество и номера проб углей и углевмещающих пород, отобранных на Хандасинско-Семиреченском месторождении

Угольный пласт	Номер пробы	Количество проб, всего	Количество проб угля
II	Хс-1-18 – Хс-30-18	30	15
IV	Хс-31-18 – Хс-55-18	25	16
III	Хс-56-18 – Хс-67-18	12	8
XI	Хс-68-18 – Хс-72-18	5	3
IX	Хс-73-18 – Хс-75-18	3	3
I	Хс-76-18 – Хс-77-18	2	2
I ^a	Хс-78-18 – Хс-79-18	2	2
I ^b	Хс-80-18 – Хс-81-18	2	2
Итого		81	51

- на Горнозаводском месторождении в 4 пластах было отобрано 16 проб угля и 10 проб углевмещающих пород (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Количество и номера проб углей и углевмещающих пород, отобранных на Горнозаводском месторождении разрезе Лопатинск

Угольный пласт	Номер пробы	Количество проб, всего	Количество проб угля
I	Лоп-1-17 – Лоп-3-17	3	2
II	Лоп-4-17 – Лоп-17-17	14	9
III	Лоп-18-17	1	1
IV	Лоп-19-17 – Лоп-26-17	8	4
Итого		26	16

- на Солнцевском месторождении было отобрано в 4 пластопересечениях 19 проб угля и 8 проб углевмещающих пород (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Количество и номера проб углей и углевмещающих пород, отобранных на Солнцевском месторождении

Угольный пласт	Номер проб	Количество проб, всего	Количество проб угля
II	Сол-1-17 – Сол-3-17	3	2
V	Сол-4-17 – Сол-12-17	9	6
IV	Сол-13-17 – Сол-25-17	13	10
III	Сол-26-17 – Сол-27-17	2	1
Итого		27	19

- на Константиновском месторождении в 2 пластопересечениях было отобрано 14 проб угля и 9 проб углевмещающих пород (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Количество и номера проб углей и углевмещающих пород, отобранных на Константиновском месторождении

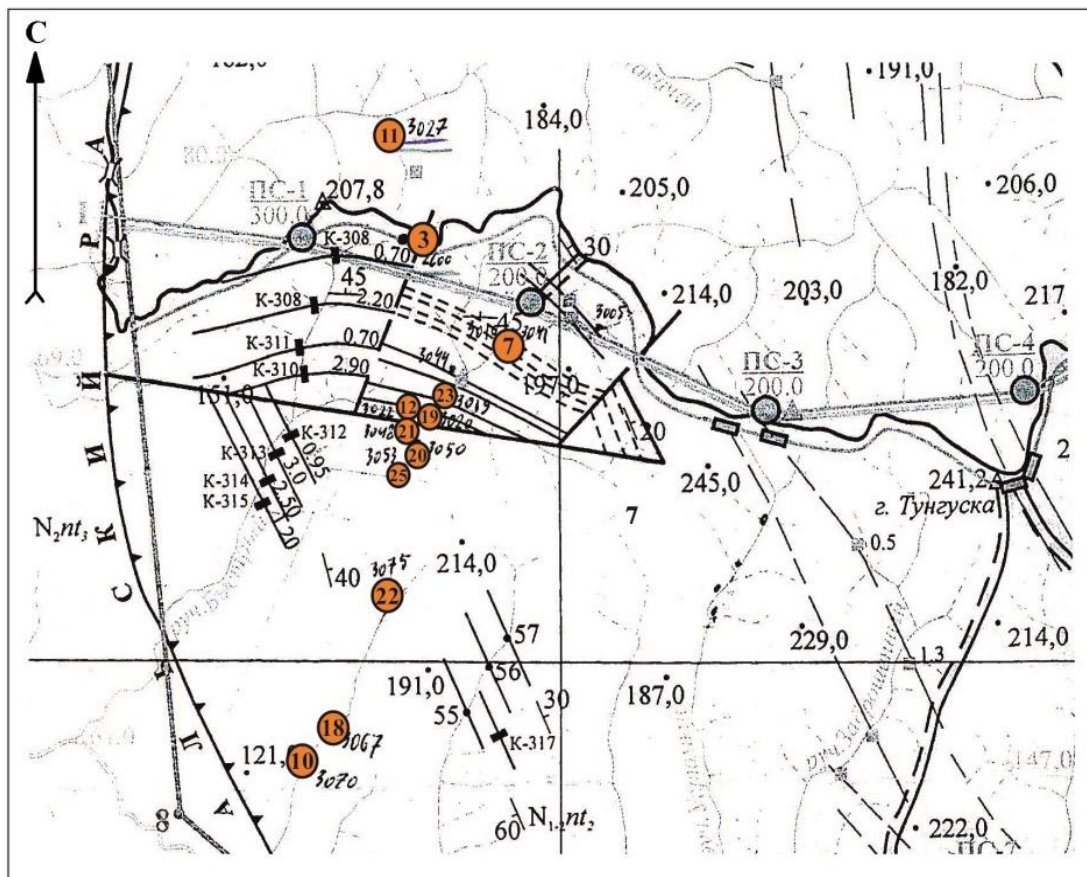
Угольный пласт	Номер проб	Количество проб, всего	Количество проб угля
V	Кон-1-17 – Кон-16-17	16	10
IV	Кон-17-17 – Сол-23-17	7	4
Итого		23	14

– на Новиковском месторождении было отобрано из шести скважин 105 проб угля и 39 проб углевмещающих пород (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Количество и номера проб углей и углевмещающих пород, отобранных на Новиковском месторождении

№ скв.	Интервал опробования	Количество проб, всего	Количество проб угля
341	217,75-235,3	26	17
342	280,9-306,6	40	28
343 (верх)	139,4-149,6	17	13
343 (низ)	149,8-159,35	15	11
346	-	19	14
348	129,7-137,7	12	9
350	X-108,6	15	13
Итого		144	105

- на территории северной группы углепроявлений штучным способом было отобрано 25 проб угля (рисунок 2.1).



22 - номер пробы

Масштаб 1:25 000

Рисунок 2.1 - Северная группа углепроявлений

2.2 Пробоподготовка

Пробоподготовка заключалась в дроблении, квартовании и истирании проб для аналитических навесок. Дробление выполнялось на щековых дробилках, истирание – на виброистирателе производства ВИМС «ИВ Микро» (рисунок 2.2). Пробы истирались до 200 меш (0,074 мм).



Рисунок 2.2 – Виброистиратель

2.3 Методы обработки

2.3.1 Атомно-абсорбционный анализ методом «холодного пара»

Содержание ртути в угле и углевмещающих породах определяли методом беспламенной атомной абсорбции на приборе «РА-915+» с пиролизической приставкой «ПИРО-915» с использованием пакета программ RA915P (ПДН Ф 16.1:2.23-2000) в сетевом центре коллективного пользования Национального исследовательского Томского политехнического университета (СЦКП) (рисунок 2.3). Диапазон измерений данного метода для массовой доли общей ртути в пробах составляет от 5 до 10000 мкг/кг. Границы относительной погрешности измерений при числе наблюдений $n = 2$ (для каждой пробы было проанализировано по 3 навески, в качестве результирующего значения бралось среднеарифметическое по трем измерениям), доверительной вероятности $P = 0,95$ и диапазоне измерений массовой доли общей ртути от 100 до 10000 мкг/кг составляет 25%. Предел обнаружения ртути составляет 2 мкг/кг. Принцип действия приставки ПИРО-915+ основан на восстановлении до атомарного состояния содержащейся в пробе связанной ртути методом пиролиза без

предварительной минерализации и последующем переносе образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету газом-носителем (воздухом).



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

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

Навески предварительно измельченных и высушенных при комнатной температуре образцов угля составляли 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 121 проба угля и углевмещающих пород.

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 ~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)
- бурые угли: $0,10 \pm 0,01$ г/т (уголь)

2.3.2 Многоэлементный инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)

ИНАА используется в качестве основного метода для количественного определения элементов-примесей в углях. Анализы выполнены в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Национального исследовательского Томского политехнического университета (аналитики А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская). Лаборатория создана в 1984 г. и функционирует на базе единственного в Сибири исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики при ТПУ. Лаборатория аккредитована в системе Госстандарта России (Аттестат аккредитации РОСС RU.0001.518623 от 10.10.2011г).

В настоящее время методом ИНАА выполнен анализ 146 проб угля и углевмещающих пород.

2.3.3 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 (таблица 2.4).

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 2.4 – 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 исследована 141 проба углей.

2.3.4 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.

3 Геохимия углей Сахалинского угольного бассейна

Каменный уголь относится к осадочной породе биогенного происхождения. В нем содержится в среднем около 12% воды, 32% летучих веществ и от 75 до 95% углерода [10]. В его состав также входят такие неорганические компоненты, как Fe, Al, Si, Mg, Ca, K, Na и различные элементы-примеси. В значительных количествах среди элементов-примесей могут накапливаться как ценные, так и экологически опасные элементы. Это говорит о том, что угольные месторождения могут рассматриваться не только в качестве топлива для энергетики, но также и как источник ценных металлов, в том числе редких и благородных.

В химическом составе неорганического вещества (НОВ) принято выделять две группы элементов.

- Основные (золотообразующие элементы) Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K (\pm S, P). Они же образуют 99% всей горной массы.

- Второстепенные элементы, элементы-примеси (ЭП), составляющие обычно не более 1%. Среди ЭП имеются ценные редкие металлы, такие как Ge, Ga, U, Mo, Be, Sc, REE. В то же время к ЭП относятся такие элементы, как Cl, F, Hg, As, Se и др.

Уголь рассматривается как энергоноситель: это и комплексное полезное ископаемое, и комплексное “вредное ископаемое”, утилизация которого сопровождается значительным негативным воздействием на среду обитания человека.

В настоящее время существует множество способов комплексной утилизации органического и минерального вещества углей, сводящей к минимуму отходы производства. Кроме того, стоимость редких металлов, присутствующих в углях, в некоторых случаях может превысить стоимость самого угля. Такие металлоносные угли могут рассматриваться как редкометалльные руды, а их органическое вещество — как попутный продукт.

В России принята следующая типизация химических элементов НОВ углей [11].

Ценные компоненты - Ge, U, а в комплексе с ними (т. е. при возможности совместного извлечения) Ga, Pb, Zn, Mo, Se, Au, Ag, PGE.

Потенциально ценные - V+Cr+Ni (в комплексе), W, B, Hg.

Токсичные - Hg, As, Be, F, которые при сжигании углей образуют опасные концентрации в атмосфере, водах и почвах.

Потенциально токсичные - токсичные в содержаниях, ниже предельно допустимых, а также Pb, V, Ni, Cr, Mn Co.

Технологически вредные - элементы, ухудшающие качество кокса, снижающие качество чугунов и сталей. Прежде всего это S, P углях для коксования и As и Cl в энергетических углях.

Технологически полезные - Mo, Ni, Co, Sn, Zn, которые катализируют процессы конверсии угля в жидкое топливо.

Таким образом, одни и те же химические элементы могут выступать в разном качестве, что чаще всего зависит от их начальных концентраций в угле и от режима промышленного использования углей.

В настоящее время исследования угля ориентированы в первую очередь на оценку распределения и форм нахождения потенциально токсичных элементов (Hg, As, Sb, Se, Be, F, Pb, V, Ni, Cr, Mn), в том числе и радиоактивных (U, Th), и лишь во вторую очередь - на возможность попутного извлечения ценных ЭП (Ge, U, Ga, а также Sc, Mo, Au, Ag, Re, PGE).

3.1 Содержание элементов-примесей в углях Сахалинского бассейна

Данные результатов анализов заносились в базу данных. Затем они обрабатывались в электронных таблицах «EXCEL». Результаты ИНАА по химическим элементам представлены в таблице 3.1, где содержания рассчитывались как усредненные значения по 146 пробам месторождений Сахалинского угольного бассейна (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Содержание химических элементов в углях в месторождениях Сахалинского бассейна (г/т)

Элементы	Первомайское	Хандасинско-Семиреченское	Тихменевское	Северное	Среднее по бассейну	Кларк для углей
Na, %	0,03	0,32	0,08	0,05	0,12	н.д.
Ca, %	0,75	0,80	0,69	0,37	0,65	н.д.
Sc	10,1	12,3	8,0	2,9	8,3	3,9
Cr	24,6	29,6	34,9	15,7	26,2	16
Fe, %	0,62	1,25	0,71	1,06	0,91	н.д.
Co	6,5	7,9	6,4	4,9	6,4	5,1
Zn	43,4	45,3	44,2	33,3	41,6	23
As	3,3	9,9	1,9	3,6	4,7	8,3
Rb	19,1	33,1	17,4	10,8	20,1	14
Sr	491	101	209	150	238	110
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,095
Sb	1,1	1,1	0,23	0,47	0,72	0,92
Cs	3,6	3,0	2,8	1,4	2,7	1,0
Ba	354	320	263	194	283	150
Br	5,9	<0,99	0,98	4,6	3,1	5,2
La	9,3	14,7	7,5	5,7	9,3	11
Ce	20,4	32,2	19,9	12,6	21,3	23
Nd	8,7	14,9	8,9	6,2	9,6	12
Sm	2,06	3,52	1,95	1,38	2,22	2,0
Eu	0,47	0,83	0,52	0,31	0,53	0,47
Tb	0,37	0,65	0,31	0,23	0,39	0,32
Yb	1,32	2,44	1,22	0,69	1,41	1,0
Lu	0,17	0,37	0,18	0,10	0,20	0,20
Au	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	3,7
Hf	1,9	2,9	1,3	0,6	1,7	1,2
Ta	0,23	0,33	0,15	0,09	0,2	0,28
Hg	0,053	0,066	0,107	0,203	0,107	0,10
Th	4,1	4,5	2,5	1,7	3,2	3,3
U	0,85	1,4	0,45	0,56	0,81	2,4
A ^d %	29,63	25,15	28,80			

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей.

Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что в данных месторождениях наблюдается повышенное содержание скандия, что заставляет задуматься над организацией извлечения этого элемента, так как он является одним из наиболее перспективных для рентабельного извлечения из углей. Также в углях наблюдается повышенное содержание бария, гафния и кремния, содержание которых выше кларка, установленного для каменных углей, эти элементы относятся к группе литофильных. Аномальное содержание золота в углях месторождений не установлено.

3.2 Содержание ртути в углях и углевмещающих породах

Распределение ртути на Хандасинско-Семиреченском и Тихменевском месторождениях неравномерно. Среднее содержание ртути по Хандасинско-Семиреченскому месторождению составляет 0,054 г/т (таблица 3.2), а по Тихменевскому - 0,182 г/т (таблица 3.3). Эти показатели близки к кларку для каменных углей.

Таблица 3.2 – Среднее содержание ртути в углях Хандасинско-Семиреченского месторождения

Угольный пласт	Номер пробы	Hg г/т
II	Хс-1-18 – Хс-30-18	0,189
IV	Хс-31-18 – Хс-55-18	0,051
III	Хс-56-18 – Хс-67-18	0,143
XI	Хс-68-18 – Хс-72-18	0,019
IX	Хс-73-18 – Хс-75-18	0,014
I	Хс-76-18 – Хс-77-18	0,007
I ^a	Хс-78-18 – Хс-79-18	0,0006
I ^b	Хс-80-18 – Хс-81-18	0,009
Итого		0,054

Исходя из таблицы наиболее низкое содержание ртути характерно для Ia пласта (0,0006 г/т), а наиболее высокое среднее содержание - для углей II пласта данного месторождения (0,189 г/т), которое выше кларка, установленного для каменных углей (0,1 г/т), максимальная концентрация ртути замечена в пробе Хс-16-18 (1,36 г/т)

Таблица 3.3 – Среднее содержание ртути в углях Тихменевского месторождения

Угольный пласт	Номер пробы	Hg г/т
верх. пласт, нижняя пачка	Тих-1-18 – Тих-3-18	0,385
нижний пласт	Тих-4-18 – Тих-5-18	0,139
верх. пласт, верхняя пачка	Тих-6-18 – Тих-8-18	0,023
Итого		0,182

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что наиболее низкое среднее содержание ртути характерно для верхнего пласта, верхней пачки (0,023 г/т), а наиболее высокое - для углей верхнего пласта, нижней пачки (0,385 г/т), которое выше кларка, установленного для каменных углей (0,1 г/т).

На Графском участке Первомайского месторождения концентрация ртути в углях не велика (таблица 3.4).

Таблица 3.4 - Среднее содержание ртути в углях Первомайского месторождения

Угольный пласт	Номер пробы	Hg г/т
V _a	ГР-1-18 – ГР-9-18	0,044
V	ГР-10-18 – ГР-18-18	0,057
III	ГР-19-18 – ГР-32-18	0,054
Итого		0,05

На территории Северной группы углепроявлений содержание ртути выше, средняя концентрация составляет 0,203 г/т, максимальная концентрация замечена в 20-й пробе (1,27 г/т).

Распределение ртути на месторождениях Сахалинского угольного бассейна крайне неравномерно. В результате проведенных исследований было установлено, что среднее содержание ртути для месторождений близко к кларку, что говорит о безопасности углей данных месторождений по этому параметру.

Вместе с тем, наличие отдельных проб с аномально высоким содержанием ртути (более 1г/т) требует систематического контроля за углепродукцией.

3.3 Закономерность распределения и содержание элементов-примесей в месторождениях углей Сахалинского бассейна

3.3.1 Хандасинско-Семиреченское месторождение

На Побединской угленосной площади месторождения Хандасинско-Семиреченское на наличие в них ценных и токсичных элементов было изучено 6 угольных пластов (II, IV, III, XI, IX и I, Ia, Ib).

По данным таблицы 3.5 видно, что наиболее богаты элементами-примесями II пласт и маломощный IX пласт.

Таблица 3.5 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Хандасинско-Семиреченского месторождения

Элемент	II			IV			III			Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПДК
	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.			
Sc	5,6	21,5	13,3	6,3	16,9	12,4	4,6	17,9	9,8	10	3,9	н.д.
Cr	9,7	38,8	24,6	6,1	64,8	24,5	6,8	56,7	20,7	1400	16	100
Co	3,7	17,7	9,1	5,3	25,0	9,2	1,7	24,1	9,5	20	5,1	100
Zn	11,2	83,7	51,8	11,3	65,7	33,1	3,4	69,5	24,9	400	2,3	200
Rb	2,0	46,5	21,7	2,7	44,5	24,1	1,8	64,5	19,7	35	14	100
Sr	40	599	120	19	132	53	40	238	91	400	110	1000
As	3,8	129	16,5	2,5	40,2	11,0	3,1	62,8	12,7	н.д.	8,3	300
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	0,095	2
Sb	0,38	1,68	0,83	0,04	11,73	1,47	0,30	8,05	1,28	н.д.	0,92	300
Cs	0,20	4,05	2,08	0,10	3,98	2,34	0,28	12,71	2,67	30	1,0	100
La	5,9	29,6	16,7	5,7	17,5	11,9	4,7	25,2	10,8	150	11	н.д.
Au	0,001	0,007	0,003	0,001	0,006	0,002	0,001	0,004	0,002	20	3,7	н.д.
Hf	1,2	6,1	2,9	1,2	2,8	2,4	0,9	5,3	2,2	5	1,2	н.д.
Ta	0,01	0,56	0,30	0,01	0,44	0,26	0,01	0,75	0,25	1	0,28	н.д.
Hg	0,019	0,829	0,199	0,013	0,231	0,077	0,008	0,209	0,059	1,0	0,10	1,0
Th	1,9	6,6	4,2	1,1	5,0	3,2	1,1	10,8	3,5	н.д.	3,3	н.д.
U	0,7	3,0	1,5	0,6	1,5	1,1	0,1	2,8	1,1	н.д.	2,4	н.д.
	XI			IX			I	Ia	Iб			
Sc	1,2	4,8	2,5	18,2	21,1	19,5	10,4	7,4	4,7	10	3,9	н.д.
Cr	3,2	8,7	5,3	91,5	102,4	97,6	14,6	14,9	6,8	1400	16	100
Co	1,5	2,3	1,8	6,6	8,6	7,7	5,2	8,2	5,3	20	5,1	100
Zn	1,2	36,4	13,3	60,2	106,7	78,1	20,4	20,2	14,7	400	2,3	200
Rb	1,1	10,1	4,5	67,8	78,4	71,4	9,7	3,5	3,3	35	14	100
Sr	40	220	105	4	198	114	538	61,3	166	400	110	1000
As	4,9	11,1	7,1	1,0	3,2	1,7	5,7	3,9	7,0	н.д.	8,3	300

Продолжение таблицы 3.5

Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	0,095	2
Sb	0,28	0,36	0,32	1,37	1,76	1,61	0,21	0,22	0,32	н.д.	0,92	300
Cs	0,15	0,82	0,41	7,73	9,16	8,58	0,99	0,19	1,43	30	1,0	100
La	0,7	10,3	4,2	17,0	22,0	19,5	9,1	2,8	3,8	150	11	н.д.
Au	0,002	0,012	0,005	0,001	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003	20	3,7	н.д.
Hf	0,3	1,9	0,9	3,5	3,9	3,7	1,5	1,8	1,2	5	1,2	н.д.
Ta	0,01	0,26	0,11	0,36	0,70	0,52	0,18	0,06	0,15	1	0,28	н.д.
Hg	0,004	0,010	0,008	0,006	0,023	0,015	0,007	0,001	0,009	1,0	0,10	1,0
Th	0,3	3,7	1,5	5,2	6,3	5,7	1,9	0,9	1,1	н.д.	3,3	н.д.
U	0,1	1,5	0,6	0,8	2,0	1,5	0,9	0,3	0,5	н.д.	2,4	н.д.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

Наиболее беден ценными и токсичными элементами XI пласт. Где можно выделить среднее значение только Sc и Zn, которое превышает значение кларка для углей.

В пластах II, IV и III по сравнению с кларком для углей отмечены повышенные средние значения Sc, Cr, Co, Cs, Zn, Rb, Sr, As, La, Hf, Th, среди которых для промышленного извлечения можно выделить Sc (13,3 г/т), а также имеются повышенные концентрации Co (25 г/т), Rb (64,5 г/т), Sr (599 г/т) и Hf (6,1 г/т) (рисунок 3.2 и 3.3).

В маломощном пласте IX выделено промышленно значимое содержание Sc(19,47 г/т) , Rb (71,4 г/т). Отмечена токсично опасная концентрация Cr(102,4 г/т). А также отмечена повышенная средняя концентрация Co, Zn, Sr, Sb, Cs, La, Hf, Ta, Th.

Пласт I содержит в себе промышленно значимые концентрации Sc (10,43 г/т) и Sr (538,5 г/т), а содержание выше кларка для углей Co и Zn.

С помощью электронной микроскопии проводилось изучение формы, морфологических особенностей и состава тонкодисперсных минеральных образований в углях (рисунок 3.1).

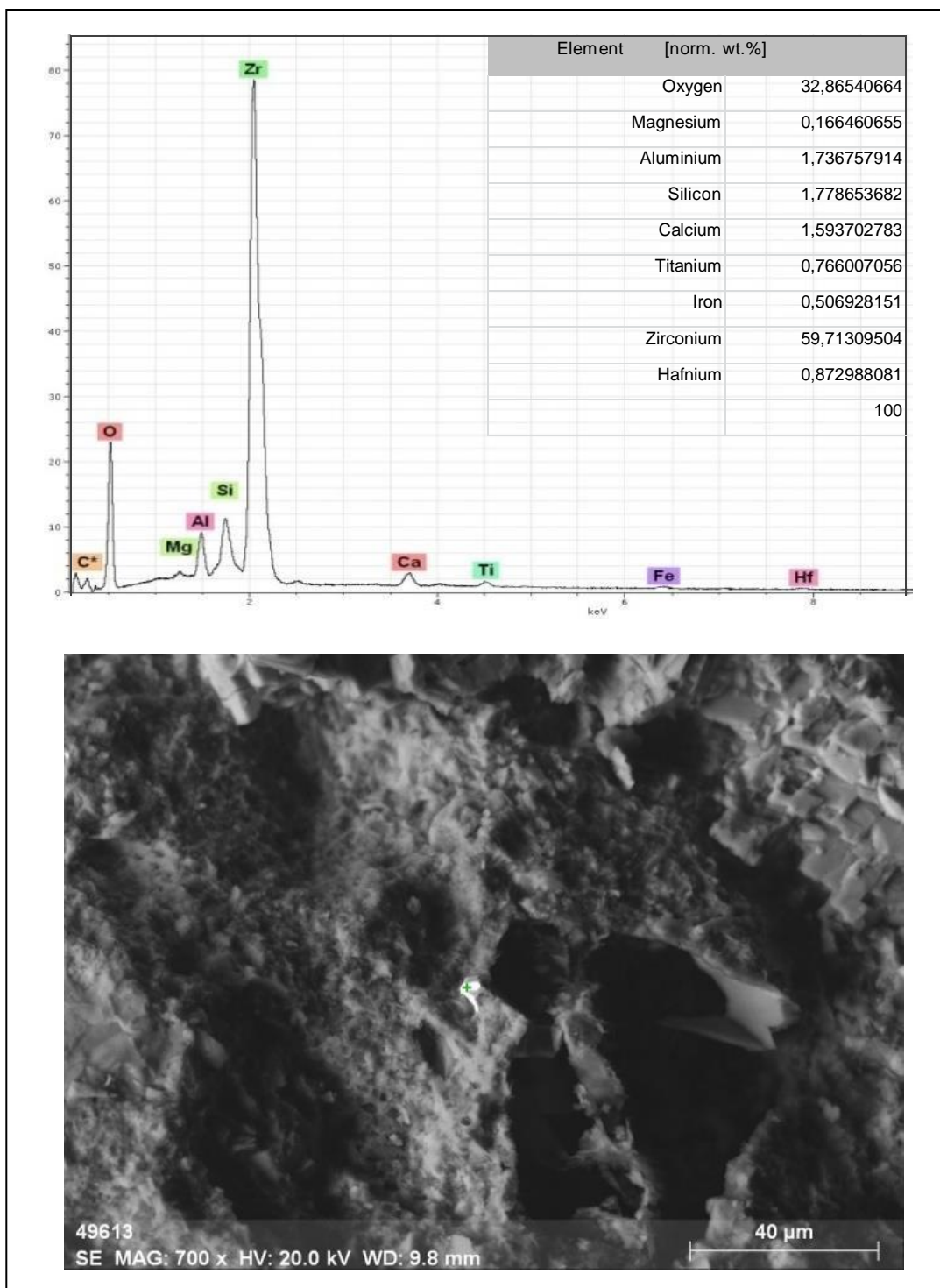


Рисунок 3.1 - Кристалл циркона в пробе ХС-63-18 III пласта

Высокое содержание гафния подтверждается выявлением в составе углей циркона.

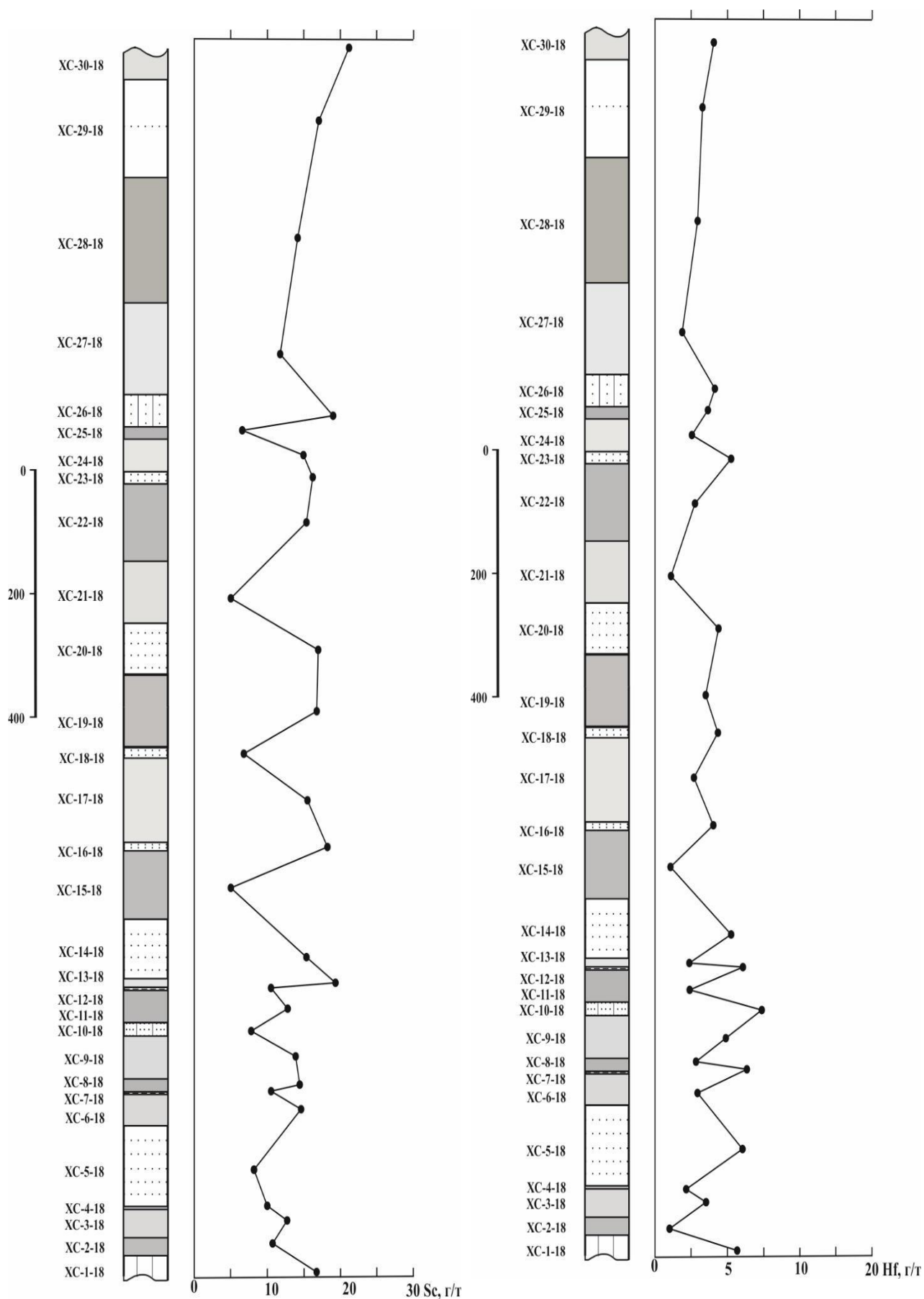


Рисунок 3.2 Распределение Sc, Hf в угле в вертикальном профиле II пласта Хандасинско-Семиреченского месторождения

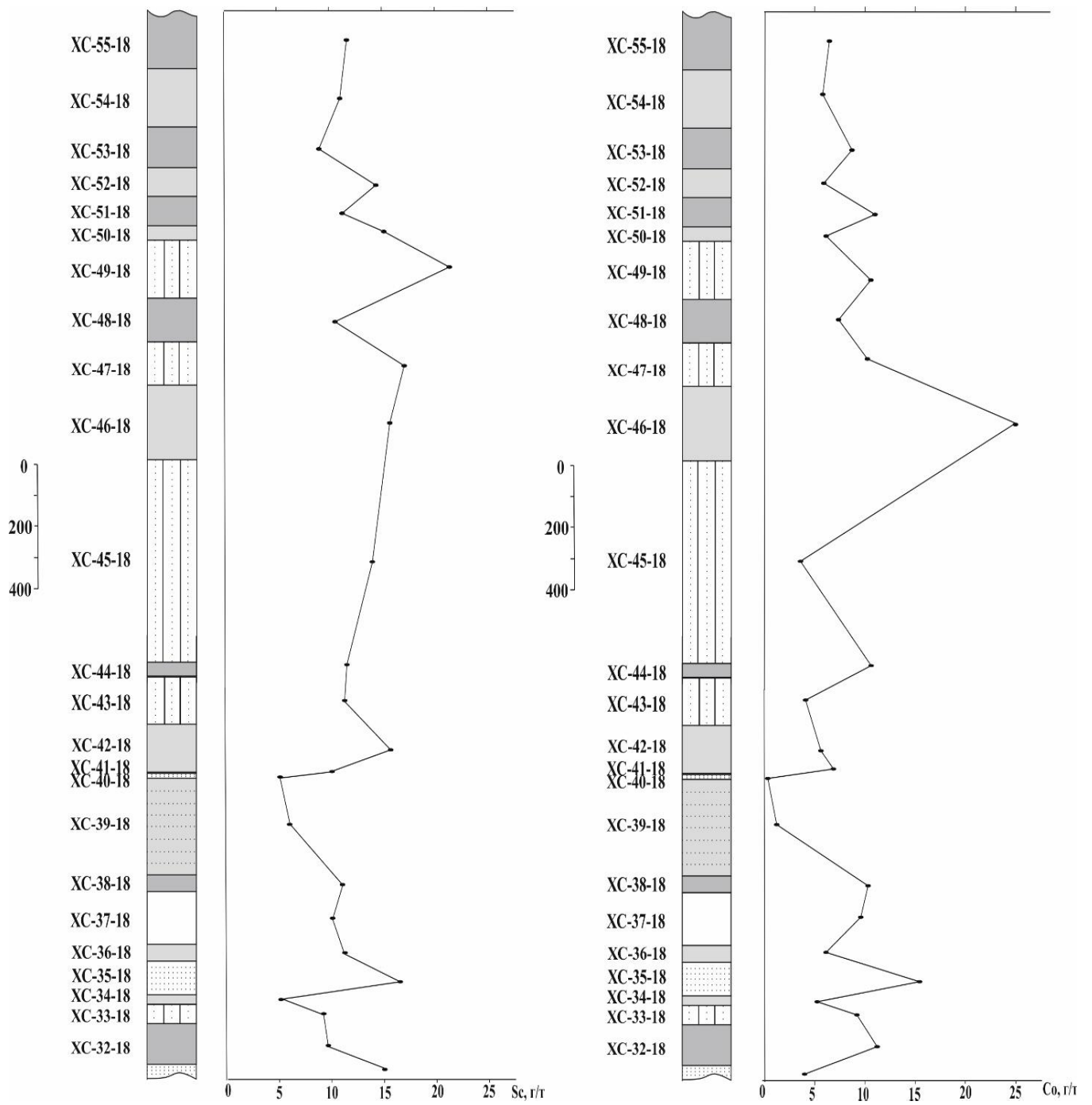


Рисунок 3.3 Распределение Sc, Co в угле в вертикальном профиле IV пласта
Хандасинско-Семиреченского месторождения

3.3.2 Первомайское месторождение

В Первомайском месторождении на участке «Графский» было изучено три пласта – основной промышленный пласт V, над ним пласт V^a приблизительно 80см и наверху окисленный пласт III (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Первомайского месторождения

Элементы	Va			V			III			Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПДК
	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.			
Sc	10,18	15,85	13,30	4,56	17,21	7,80	7,84	16,37	12,07	10	3,9	н.д.
Cr	13,93	40,65	24,35	16,16	48,84	26,65	14,15	36,99	21,90	1400	16	100
Co	7,53	16,55	11,98	2,80	10,04	5,89	4,17	7,66	5,04	20	5,1	100
Zn	35,08	57,45	42,45	30,23	93,79	43,30	26,42	52,19	42,89	400	23	200
Rb	3,0	38,2	15,8	5,7	47,5	14,3	6,1	47,9	19,9	35	14	100
Sr	126,0	276,4	216,2	164,6	728,0	371,5	<40	1572,5	669,8	400	110	1000
As	1,0	2,9	1,4	1,2	11,6	4,6	1,2	2,9	1,9	н.д.	8,3	300
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	0,095	2
Sb	1,158	4,516	2,53	0,536	1,755	0,869	0,644	1,996	1,146	н.д.	0,92	300
Cs	0,20	5,67	2,72	0,90	6,08	1,90	0,91	9,09	4,84	30	1,0	100
La	5,92	11,69	8,97	4,15	12,50	7,08	6,73	16,38	11,98	150	11	н.д.
Au	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	0,004	0,002	0,001	0,004	0,002	20	3,7	н.д.
Hf	0,8	2,9	1,9	0,9	3,8	1,8	1,2	3,6	2,2	5	1,2	н.д.
Ta	0,01	0,56	0,30	0,13	0,45	0,29	0,01	0,45	0,14	1	0,28	н.д.
Hg	0,012	0,079	0,039	0,048	0,133	0,066	0,030	0,078	0,055	1,0	0,10	1,0
Th	1,45	4,44	3,22	2,08	7,78	4,39	2,55	7,56	4,44	н.д.	3,3	н.д.
U	0,1	0,7	0,5	0,5	1,3	0,8	0,5	1,5	1,1	н.д.	2,4	н.д.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

В пласте V^a наблюдается промышленное среднее содержание Sc (13,30 г/т), также имеется концентрация Rb. Среднее значение Cr, Co, Zn, Rb, Sr, Sb, Cs, Hf, Ta превышает уровень кларка для углей.

Основной промышленный пласт V обогащен Sc, Cr, Co, Zn, Rb, Sr, Cs, Hf, Ta, Th, что выше кларковых показателей, среди которых можно заметить промышленно значимые концентрации Sc, Rb, Sr.

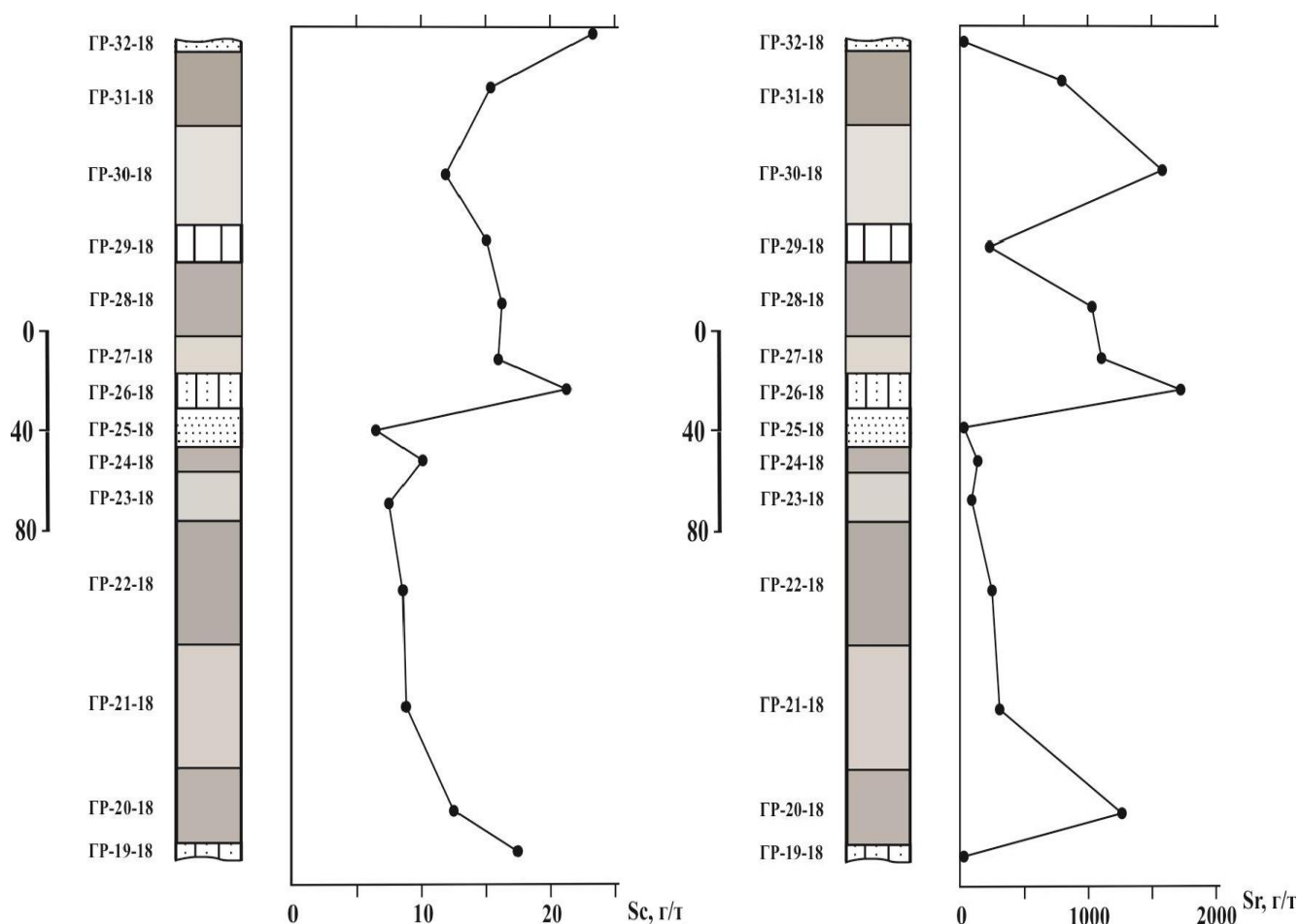


Рисунок 3.4 Распределение Sc и Sr в угле в вертикальном профиле III пласта Первомайского месторождения

Пласт III содержит в себе возможно промышленно значимые концентрации со средним значением Sc (12,7 г/т) и Sr (669,8 г/т), среди которых имеется локальная концентрация Sr, которая превышает токсично опасное значение (1573г/т) (рисунок 3.4).

3.3.3 Тихменевское месторождение

Тихменевское месторождение расположено к западу от с. Тихменево. На данном месторождении отобрано всего 8 проб (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Тихменевского месторождения

Элементы	Тихменевское			Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПДК
	мин.	макс.	ср.			
Sc	2,9	16,7	9,9	10	3,9	н.д.
Cr	16,7	70,1	40,7	1400	16	100
Co	3,2	17,6	8,5	20	5,1	100
Zn	26,2	88,2	49,0	400	2,3	200
Rb	1,3	53,6	19,1	35	14	100
Sr	37,1	718,3	149,1	400	110	1000
As	0,6	15,5	3,2	н.д.	8,3	300
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	1	0,095	2
Sb	0,12	0,38	0,25	н.д.	0,92	300
Cs	0,28	8,06	3,14	30	1,0	100
La	2,0	14,2	8,7	150	11	н.д.
Au	0,0003	0,003	0,002	20	3,7	н.д.
Hf	0,33	2,96	1,55	5	1,2	н.д.
Ta	0,01	0,38	0,14	1	0,28	н.д.
Hg	0,010	0,942	0,188	1,0	0,10	1,0
Th	1,0	4,6	2,9	н.д.	3,3	н.д.
U	0,04	1,17	0,54	н.д.	2,4	н.д.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

В данном месторождении отсутствуют промышленно значимые и токсично опасные содержания, только концентрация ртути в отдельных пробах приближена к таковому значению (0,942 г/т). Отмечено среднее содержание Sc, Cr, Co, Zn, Rb, Sr, Cs, Hf, Hg, которое превышает уровень кларка для углей.

3.3.4 Северная группа угленоявлений

На данном месторождении отобрано 25 проб.

Территория бедна на наличие в ней ценных и токсичных элементов. Можно выделить среднее значение Co, Zn, Sr которое превышает значение кларка для углей (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Северного месторождения

Элементы	Северное			Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПДК
	мин.	макс.	ср.			
Sc	0,27	9,37	2,55	10	3,9	н.д.
Cr	6,54	56,4	13,1	1400	16	100
Co	0,24	17,4	4,7	20	5,1	100
Zn	18,4	55,8	31,2	400	2,3	200
Rb	0,14	55,0	5,58	35	14	100
Sr	14	375	163	400	110	1000
As	0,1	33,5	2,7	н.д.	8,3	300
Ag	<0,5	<0,5	<0,5	1	0,095	2
Sb	0,17	1,17	0,40	н.д.	0,92	300
Cs	0,001	5,53	0,75	30	1,0	100
La	0,7	13,7	4,4	150	11	н.д.
Au	0,002	0,002	0,002	20	3,7	н.д.
Hf	0,001	3,16	0,38	5	1,2	н.д.
Ta	0,015	0,64	0,051	1	0,28	н.д.
Hg	0,01	1,26	0,15	1,0	0,10	1,0
Th	0,22	5,36	1,28	н.д.	3,3	н.д.
U	0,015	2,45	0,43	н.д.	2,4	н.д.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

3.3.5 Горнозаводское месторождение разрез Лопатинский

На Горнозаводском месторождении, на участке Лопатинский, который расположен на Южном Сахалине было изучено 4 пласта (таблица 3.9).

В отдельных угольных пластах, так же, как и во всем месторождении, элементы-примеси в основном характеризуются содержаниями, которые не превышают уровень кларка для углей. Также присутствуют аномально высокие концентрации в локальных пробах.

Маломощный первый пласт беден ценными и токсичными элементами-примесями.

Таблица 3.9 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Лопатинского разреза, г/т

Элементы	1			2			3	4			Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПДК
	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	ср.	мин.	макс.	ср.			
Be	0,3	0,3	0,3	0,3	2	1,1	0,9	0,3	0,5	0,4	5	1,6	н.д.
Sc	3,2	6	4,6	3,3	12,4	8	8,3	2,6	6	4,5	10	3,9	н.д.
V	16,6	34,2	25,4	17,4	110	54	66,1	18	51,5	31,2	100	25	100
Cr	6	14	10	8	38	17	25	8	12	9	1400	16	100
Co	1,6	3	2,3	1,5	7,8	3,8	2,7	2	6,7	3,7	20	5,1	100
Ni	4,6	5	4,8	4,1	10,5	6,4	6	6,3	13,2	9	100	13	100
Cu	7,1	11	9	6,2	29,3	18,6	23,2	5,8	9	8	100	16	100
Zn	5,5	8,8	7,2	4,5	88,7	26,3	23,1	6,2	8,7	7,2	400	23	200
Ga	1,7	3,7	2,7	2,1	17	6	8,9	1,6	3,6	2,7	20	5,8	20
Rb	1,7	3,2	2,5	1,9	17,3	12,3	22,3	2,7	10,6	5,6	35	14	100
Sr	29,6	36,5	33	29	63,9	36,3	33,9	38	185	109	400	110	1000
Y	6,2	7,3	6,8	4	26,9	13,7	12,5	3,5	7	5,3	15	8,4	н.д.
Zr	19,5	42,2	31	22,3	230,3	83,6	71,7	24,8	63,2	46,6	120	36	500
Nb	0,7	1,4	1	0,9	7,3	3,4	3,9	1,3	4,7	2,7	10	3,7	100
Cd	0,03	0,08	0,06	0,03	1,3	0,2	0,07	0,03	0,07	0,05	1	0,22	10
Sn	0,3	0,5	0,4	0,3	2,1	0,9	1,3	0,3	1,7	0,8	20	1,1	50
Cs	0,1	0,2	0,2	0,1	2,8	0,8	1,4	0,2	0,7	0,4	30	1	100
Ba	94	112	103	106	170	144	146	204	412	301	н.д.	150	н.д.
La	2,6	4,8	3,7	3	13,1	7	10	1,9	3,9	2,8	150	11	н.д.
Ce	7	10,6	9	6,8	31,7	16,8	22,7	3,8	9,8	7	н.д.	23	н.д.
Pr	0,9	1,3	1	0,8	3,4	2	2,3	0,4	1	0,8	н.д.	3,5	н.д.
Nd	4	5,4	4,7	3,7	14,3	8,5	10,7	2	3,6	3,4	н.д.	12	н.д.
Sm	1	1,1	1,1	0,7	4	2	2,3	0,7	1	0,8	н.д.	2	н.д.
Eu	0,2	0,3	0,3	0,2	0,8	0,4	0,4	0,1	0,2	0,2	н.д.	0,47	н.д.
Gd	1,3	1,3	1,3	0,8	4,3	2,3	2,3	0,7	1,2	1	н.д.	2,7	н.д.
Tb	0,2	0,2	0,2	0,1	0,7	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	н.д.	0,32	н.д.
Dy	1,2	1,3	1,3	0,8	5,5	2,5	2,3	0,7	1,4	1	н.д.	2,1	н.д.
Ho	0,3	0,3	0,3	0,1	1	0,5	0,5	0,1	0,3	0,2	н.д.	0,54	н.д.
Er	0,8	0,9	0,8	0,5	3,6	1,8	1,8	0,4	1	0,7	н.д.	0,93	н.д.
Tm	0,1	0,1	0,1	0,07	0,5	0,3	0,2	0,06	0,1	0,1	н.д.	0,31	н.д.
Yb	0,7	0,8	0,8	0,5	3,5	1,9	1,5	0,5	1	0,8	1,5	1	н.д.
Lu	0,1	0,1	0,1	0,07	0,5	0,3	0,2	0,07	0,1	0,1	н.д.	0,2	н.д.
Hf	0,6	1,1	0,9	0,6	4,1	1,8	2	0,7	1,4	1,2	5	1,2	н.д.
Ta	0,06	0,1	0,1	0,06	0,4	0,2	0,3	0,07	0,2	0,1	1	0,28	н.д.
W	0,3	0,4	0,3	3,3	0,3	1,3	1	0,4	0,9	0,6	30	1,1	50
Pb	4	4,7	4,3	3,6	20,8	9,1	12,2	4	6,2	4,7	240	7,8	50
Th	1,4	3	2,2	1,5	7,6	4	5,4	1,2	2,7	1,8	н.д.	3,3	н.д.
U	0,4	0,7	0,5	0,4	2,4	1	1,5	0,4	0,7	0,6	н.д.	2,4	н.д.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

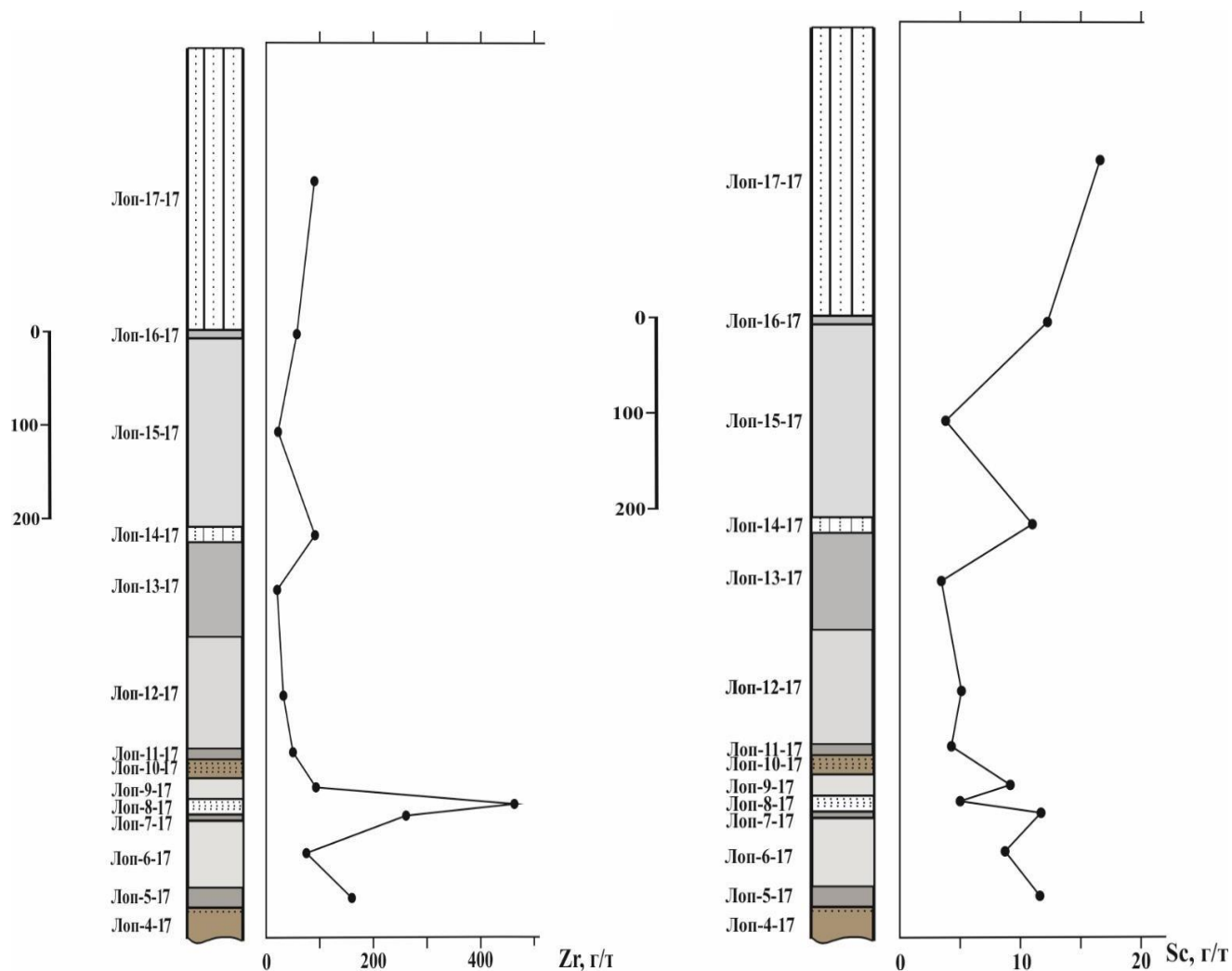


Рисунок 3.5 Распределение Zr и Sc в угле в вертикальном профиле II пласта Горнозаводского месторождения

Второй пласт наиболее богат элементами-примесями, которые превышают уровень кларка для углей. К ним относятся Sc, V, Cr, Cu, Zn, Ga, Y, Zr, Dy, Er, Yb, Hf, Pb, среди которых среднее содержание Yb относится к промышленно значимым, также можно отнести концентрации Sc, V, Y, Zr, Cd (рисунок 3.5). Содержание V (100 г/т) в данном пласте превышает порог токсичности.

Пласт 3 по своей структуре является сложным, характеризуется переслаиванием угля и породы, его мощность составляет 2 метра, была отобрана одна проба угля. В данной пробе многие концентрации элементов-примесей превышают кларковое значение, к ним относятся Sc, V, Cr, Cu, Ga, Rb, Y, Zr, Nb, Sn, Cs, Sm, Dy, Er, Ta, Pb, Th.

Угли пласта 4 в основном не превышают кларковое значение, превышают только Sc, V, Zr, Ba, и то не значительно.

Рассматривая экологический аспект угольного бассейна, можно сделать вывод, что содержания токсичных элементов таких как Cr, Co, Zn, As, Se, Pb в углях не превышают «порога токсичности». Следовательно, их использование в энергетике не представляет опасности для окружающей среды. По результатам определения ртути никаких проб с содержанием, превышающим порог токсичности, не было обнаружено.

3.3.6 Солнцевское месторождение

На Солнцевском месторождении на наличие ценных и токсичных элементов-примесей было изучено 4 пластопересечения (таблица 3.10).

В основном содержание элементов в данном месторождении не достигают уровня кларка для углей, можно встретить отдельные концентрации с аномально высокими значениями (Sc, V, Co, Cu, Zn, Sr, Zr, Ba).

В пластах II и IV выделены промышленно значимые содержания V, Co, Sr, Zr. Также в пласте II обнаружено токсичное содержание V (103,3 г/т).

Таблица 3.10 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Солнцевского месторождения

Элементы	II			V			IV			III	Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПД К
	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.	ср.			
Be	0,2	0,9	0,6	0,1	1,2	0,4	0,1	1,4	0,4	0,4	5	1,6	н.д.
Sc	2,8	6,9	4,8	2,2	10,5	4,7	1,5	8	4	5,9	10	3,9	н.д.
V	10,8	103,3	57,1	20	79	35	10	66,9	27,2	45,6	100	25	100
Cr	3,7	20,1	12	4,4	32	11,7	2,9	10,7	8,6	18,2	1400	16	100
Co	0,5	1,6	1,1	1,2	5,1	2,6	0,9	27,3	5,3	3	20	5,1	100
Ni	1,8	7,7	4,8	4,2	13	7,2	2,6	32	11	13	100	13	100
Cu	3	20	11,5	4,6	20	9,2	3,2	20	7,6	21,4	100	16	100
Zn	3,2	8,6	6	6,1	103,6	28	2,1	19,3	8,6	5,7	400	23	200
Ga	1,1	4,7	2,9	1,7	8,4	3,5	1	3,6	2,7	4,38	20	5,8	20
Rb	0,7	10,4	5,5	1,8	22,6	6,7	0,6	15,4	3,2	5,8	35	14	100
Sr	111,3	234,2	172,8	64,1	145,3	89,2	25,1	425,5	190,2	292,8	400	110	1000
Y	2,8	8,6	5,7	2,7	12,1	5,1	1,45	7,2	3,88	10,1	15	8,4	н.д.
Zr	30,48	289	159,8	10,9	82,7	30,3	7,6	77,1	24,8	30,6	120	36	500

Продолжение таблицы 3.10

Nb	0,6	5,5	3	0,3	2,8	1	0,2	2,7	1	2,1	10	3,7	100
Cd	0,04	0,2	0,1	0,02	0,2	0,07	0,01	0,2	0,06	0,06	1	0,22	10
Sn	0,2	0,7	0,4	0,2	0,9	0,5	0,1	1,2	0,6	0,7	20	1,1	50
Cs	0,06	0,7	0,4	0,1	1,5	0,5	0,04	1,9	0,3	0,7	30	1	100
Ba	75	136	106	139	276	196	96	317	203	260	н.д.	150	н.д.
La	0,8	7,4	4,1	1,4	5,7	3	1	6,7	3	9,2	150	11	н.д.
Ce	2	16	9	3,4	14,4	7,7	2,5	15,5	7	20	н.д.	23	н.д.
Pr	0,2	2	1,1	0,4	1,9	1	0,3	1,5	0,8	2,7	н.д.	3,5	н.д.
Nd	1,1	8,2	4,7	2	8,36	4,1	1,6	7	3,5	12,6	н.д.	12	н.д.
Sm	0,3	1,6	1	0,6	2,2	1	0,4	1,7	0,8	2,6	н.д.	2	н.д.
Eu	0,07	0,4	0,2	0,1	0,5	0,2	0,08	0,3	0,2	0,5	н.д.	0,47	н.д.
Gd	0,4	1,7	1	0,6	2,3	1	0,4	1,8	0,9	2,7	н.д.	2,7	н.д.
Tb	0,06	0,2	0,2	0,1	0,4	0,2	0,6	0,3	0,1	0,4	н.д.	0,32	н.д.
Dy	0,5	1,7	1,1	0,6	2,5	1,1	0,4	1,7	0,9	2,4	н.д.	2,1	н.д.
Ho	0,1	0,3	0,2	0,1	0,5	0,2	0,07	0,3	0,2	0,5	н.д.	0,54	н.д.
Er	0,3	1,2	0,8	0,4	1,7	0,7	0,2	1,2	0,6	1,5	н.д.	0,93	н.д.
Tm	0,05	0,2	0,1	0,05	0,2	0,1	0,03	0,2	0,08	0,2	н.д.	0,31	н.д.
Yb	0,4	1,2	0,8	0,4	1,5	0,7	0,2	1,1	0,6	1,3	1,5	1	н.д.
Lu	0,05	0,1	0,1	0,05	0,2	0,1	0,03	0,2	0,08	0,2	н.д.	0,2	н.д.
Hf	0,5	4	2,3	0,4	2	0,8	0,3	1,6	0,7	1,1	5	1,2	н.д.
Ta	0,03	0,2	0,09	0,03	0,2	0,07	0,03	0,2	0,08	0,1	1	0,28	н.д.
W	0,3	2,2	1,2	0,2	1	0,5	0,2	1	0,4	1	30	1,1	50
Pb	2,1	5,6	3,9	3	1	5,8	2,5	11,5	7,2	10,5	240	7,8	50
Th	0,4	2,6	1,5	0,9	3,2	1,7	0,7	5,1	2	3,3	н.д.	3,3	н.д.
U	0,3	0,6	0,4	0,3	1	0,5	0,2	1,6	0,7	1,2	н.д.	2,4	н.д.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

3.3.7 Константиновское месторождение

На Константиновском месторождении на наличие содержания элементов-примесей было изучено два пластопересечения (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Константиновского месторождения

Элементы	V			VI			Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПДК
	мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.			
Be	0,1	1	0,5	0,07	2,3	0,9	5	1,6	н.д.
Sc	1,7	16,3	6	0,3	5,5	3,4	10	3,9	н.д.
V	10,6	278	67,3	1,4	173	58,3	100	25	100
Cr	5,3	126	31,9	2,3	37	12,9	1400	16	100
Co	1	12,5	3,6	0,6	10,5	3,7	20	5,1	100
Ni	3,7	14,1	7,7	2,3	22,3	7,7	100	13	100
Cu	2,3	26,8	11,6	2,3	8,3	5,1	100	16	100

Продолжение таблицы 3.11

Zn	1,8	25,7	8,4	1,3	7,6	4,4	400	23	200
Ga	0,9	15	5,7	0,3	3,7	1,4	20	5,8	20
Rb	0,42	30	6	0,1	4,5	1,7	35	14	100
Sr	26	407	128	19	276	157	400	110	1000
Y	2	7	4,6	2	12	6	15	8,4	н.д.
Zr	6	109	45	1	292	129	120	36	500
Nb	0,2	3,3	1,6	0,1	6,7	2,7	10	3,7	100
Cd	0,08	0,2	0,07	0,01	0,1	0,06	1	0,22	10
Sn	0,1	1,1	0,5	0,1	1,7	0,6	20	1,1	50
Cs	0,02	1,8	0,5	0,01	0,3	0,1	30	1	100
Ba	62,5	326	184	19,4	169	101	н.д.	150	н.д.
La	0,7	7,2	3	0,3	11	4	150	11	н.д.
Ce	1,5	16	7	0,8	23,4	9	н.д.	23	н.д.
Pr	0,2	1,9	0,8	0,1	2,4	1	н.д.	3,5	н.д.
Nd	0,9	8,2	3,5	0,6	10,1	4,3	н.д.	12	н.д.
Sm	0,4	1,5	0,8	0,2	1,6	0,8	н.д.	2	н.д.
Eu	0,1	0,3	0,2	0,04	0,4	0,2	н.д.	0,47	н.д.
Gd	0,5	1,7	0,9	0,2	2	1	н.д.	2,7	н.д.
Tb	0,07	0,2	0,1	0,03	0,3	0	н.д.	0,32	н.д.
Dy	0,5	1,5	0,9	0,2	1,9	1	н.д.	2,1	н.д.
Ho	0,1	0,3	0,2	0,05	0,4	0,2	н.д.	0,54	н.д.
Er	0,2	1,1	0,6	0,1	1,3	0,7	н.д.	0,93	н.д.
Tm	0,03	0,2	0,08	0,02	0,2	0,1	н.д.	0,31	н.д.
Yb	0,2	1,1	0,6	0,1	1	0,6	1,5	1	н.д.
Lu	0,03	0,2	0,08	0,02	0,2	0,09	н.д.	0,2	н.д.
Hf	0,2	2,6	1	0,03	3	1,3	5	1,2	н.д.
Ta	0,02	0,3	0,1	0,01	0,06	0,03	1	0,28	н.д.
W	0,1	2,4	0,7	0,2	1,8	0,9	30	1,1	50
Pb	2,1	13,4	6,8	1,1	11,9	4	240	7,8	50
Th	0,4	6,3	2,4	0,1	1,1	0,6	н.д.	3,3	н.д.
U	0,1	2,6	0,9	0,04	0,4	0,2	н.д.	2,4	н.д.

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

Пласт V наиболее богат на содержание элементов-примесей, среднее содержание которых превышают уровень кларка для углей, к ним относятся Be, Sc, V, Cr, Sr, Zr, Ba, где можно выделить локальные концентрации Sc, V, Sr, которые превышают минимальное промышленное значение. Ванадий также превышает порог токсичности со значением 277,6 г/т. (рисунок 3.6).

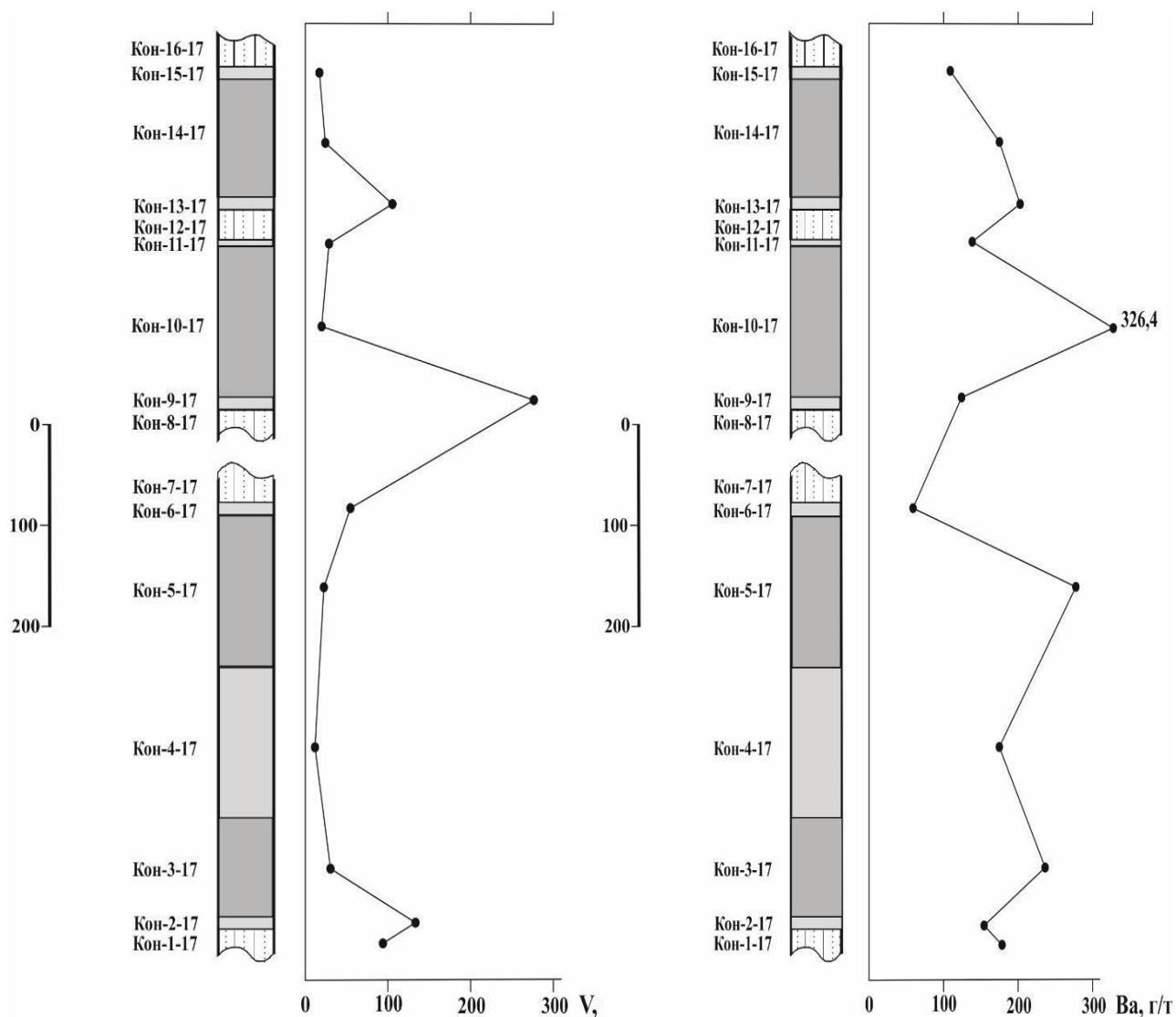


Рисунок 3.6 Распределение V и Ba в угле в вертикальном профиле V пласта
Константиновского месторождения

В пласте VI присутствуют концентрации, среднее содержание которых выше кларка, к ним относятся V, Sr, Zr, Hf, среди которых содержание Zr можно отнести к промышленно значимым. Также можно выделить локальную концентрацию V (173,3 г/т), содержание которой превышает как минимально промышленное значение, так и порог токсичности.

По результатам определения ртути выявилась проба, содержание которой превышает 1 г/т, это может быть связано с ртутной формацией, расположенной вблизи месторождения.

3.3.8 Новиковское месторождение

С участка Новиковского месторождения было исследовано 12 проб угля. Среднее содержание элементов-примесей в углях ниже, чем кларк для угля (таблица 3.12).

Присутствуют локальные концентрации содержание которых выше кларка для углей, это Ni, Ge, Pb, Li, Sc, Cu, Ga, среди которых концентрация Pb превышает порог токсичности.

Ни один элемент из угольных пластов не превышает минимального промышленного значения, только Ge превышает значение кларка в 7 раз. Данный участок отличается непромышленными содержаниями Ge, но есть участок с промышленными германиеносными углями, который уже отработан.

Таблица 3.12 – Содержание ценных и токсичных элементов в углях Новиковского месторождения

Элементы	мин	макс	ср	Мин. пром. знач.	Кларк для углей	ПДК
Li	<0	26	6,9	35	12	н.д.
Sc	0,54	10,0	3,1	10	3,9	н.д.
Co	0	16,1	3,6	20	5,1	100
Ni	2,9	83,8	13,5	100	13	100
Cu	0	39,1	10,4	100	16	100
Ga	0,7	11,2	3,8	20	5,8	20
Ge	0,2	14	1,9	30	2,2	10
Ag	0	0,07	0,01	1	0,1	2
Cd	0	0,7	0,03	1	0,22	10
Sb	0,1	17,1	0,9	30	0,92	300
Pb	1,4	80,4	6,6	240	7,8	50

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, превышающие кларк для углей; коричневым – повышенное промышленное значение; красным – токсично опасная концентрация.

Исходя из данных, можно сделать вывод, что в данных месторождениях наблюдается повышенное содержание скандия, что заставляет задуматься над организацией извлечения этого элемента, так как он является одним из наиболее перспективных для рентабельного извлечения из углей. Также в углях наблюдается повышенное содержание бария, гафния и кремния, содержание

которых выше кларка, установленного для каменных углей, эти элементы относятся к группе литофильных. Аномальное содержание золота в углях месторождений не установлено.

Таким образом, содержание ценных элементов-примесей в углях не особо значимо. Повышенные содержания Sc отмечаются в Первомайском и Хандасинско-Семиреченском месторождениях, также можно выделить содержание Zr в Константиновском месторождении. Следует обратить внимание на германиеносный потенциал Новиковского месторождения.

Распределение ртути на месторождениях Сахалинского угольного бассейна крайне неравномерно. В результате проведенных исследований было установлено, что среднее содержание ртути для месторождений близко к кларку, что говорит о безопасности углей данных месторождений по этому параметру.

Рассматривая экологический аспект угольного бассейна, можно сделать вывод, что содержания токсичных элементов в углях не превышают «порога токсичности», но есть единичные значения содержаний, которые превышают порог токсичности, но они не значительны. Следовательно, использование угля в энергетике не представляет опасности для окружающей среды.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Техничко-экономическое обоснование продолжительности и объема работ

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в изучении ценных и токсичных элементов-примесей в углях Сахалинского угольного бассейна. Для этого необходимо произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно: полевые (литогеохимические), лабораторные и камеральные. На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Виды и объемы проектируемых работ за период 2018-2019 гг. (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Количество		
1	Литогеохимические	проба	145/145	Отбор проб угля	
2	Лабораторные работы	проба	145/145	пробоподготовка	
		проба	145/145	Определение 28 химического элемента	ИНАА
		проба	145/145	Беспламенная атомная абсорбция «холодного пара»	"РА-915+" с пиролитической приставкой "ПИРО915"
		проба	75/145	Определение 61 химического элемента	ICP-MS
3	Камеральные работы			Обработка данных, анализ материала	ПК

Полевые работы. Содержание работ: выбор пунктов отбора проб, отбор проб угля вручную, маркировка пакетов для проб, этикетирование и упаковка проб, изучение и описание материалов проб, отражение и закрепление на маршрутной карте пунктов наблюдения, сушка материала проб, регистрация проб в журнале. Опробование углей и углевмещающих пород выполнялось по

сечениям вкрест простирания угольного пласта по направлению от кровли к почве и от почвы к кровле. При изучении угольных пластов избирательно опробовались кровля и почва пласта, прослой неугольных пород, прикровельные и припочвенные части угольных пластов. Всего отобрана 145 проб угля и углевмещающих пород.

Лабораторные работы. Лабораторно-аналитические исследования проводились с применением комплекса современных методов анализа в аккредитованных лабораториях Международного инновационного научнообразовательного центра «Урановая геология» на базе кафедры геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

- ИНАА используется в качестве основного метода для количественного определения элементов-примесей в углях. Анализы выполнены в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Национального исследовательского Томского политехнического университета (аналитики А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская). Лаборатория создана в 1984 г. и функционирует на базе единственного в Сибири исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики при ТПУ. Лаборатория аккредитована в системе Госстандарта России (Аттестат аккредитации РОСС RU.0001.518623 от 10.10.2011г).

- Лаборатория микроэлементного анализа. Содержание ртути в угле 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).

- Центральная лаборатория Дальневосточного геологического института, г. Владивосток. Анализ масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP MS) выполнен на установке Agilent 7500cx производства Agilent Technologies, Япония. Были изучены 75 проб угля.

Камеральные работы. Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об изучаемой территории;

дополнительный сбор исходных данных и их систематизацию в после полевой период; изучение результатов анализов проб и их систематизация; анализ характера распределения 60 элементов-примесей; собственно расчет геохимических показателей; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.

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

(2):

$$N = Q \times НВР \times K, \quad (2),$$

где N-затраты времени (смена);

Q-объем работ (шт.);

НВР- 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 (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времени по ССН (НВР)	Коэф-ты (К)	Документ	Итого времен и на объем (N)
		Ед. изм	Кол- во (Q)				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	отбор проб угля	проба	145	0,12	-	пункт 107 ССН, вып. 2	17,4

Продолжение таблицы 4.2

Итого на литолого-геохимические работы							17,4 смен
2	Определение ртути атомно-абсорбционным методом	проба	145	0,26		табл. 1 ССН-92, вып 7А	37,7
Итого на лабораторные работы							37,7 смен
3.1	Предварительное изучение результатов анализов проб	элементо-определения	145	0,15	-	табл. 60 ССН, вып. 2	21,75
3.2	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	Масштаб работ 1:50000-1:25000	145	0,29	-	табл. 61 ССН, вып. 2	42,05
Итого на камеральные работы							63,8 смен
Итого							118,9 смен

Всего в месяце 25 смены, это получается, что все работы займут 4,7 месяца.

4.2 Нормы расхода материалов

Нормы расхода материалов для литогеохимических, лабораторных и камеральных работ также определялись согласно ССН, выпуск 3, а также инструкциям и методическим рекомендациям (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Нормы расхода материалов на проведение работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	ССН	Сумма, руб.
Литогеохимические работы					
Журнал регистрационный	шт.	56*2	9,37	ССН, вып. 2, табл. 49, пункт 5	1089,76
Карандаш простой	шт.	4	18,74	ССН, вып. 2, табл. 49, пункт 6	74,96

Продолжение таблицы 4.3

Резинка ученическая	шт.	5	4,69	ССН, вып. 2, табл. 49, пункт 14	23,45
Пакеты полиэтиленовые фасовочные	шт.	18	73	ССН, вып. 2, табл. 50, пункт 3	1314
Книжка этикетная	книжка	20	0,95	ССН, вып. 2, табл. 50, пункт 5	19
Итого:					2521,17
Лабораторные работы					
Фольга алюминиевая 10 м × 30 см	шт.	25	0,082		2,05
Фильтры беззольные «синяя лента»	Уп	5	75		375
Трубка ПВХ	М	5	70		350
Воронки пластмассовые	Шт	45	8		360
Бутылки полиэтиленовые	Шт	50	9,5		475
Перчатки резиновые	Шт	10	10		100,00
Спирт этиловый технический марки А гидролизный	Л	70	1,7	ССН, вып 7а, табл. 5, пункт 169	119
Вата стерильная хирургическая	Кг	150	0,6	ССН, вып 7а, табл. 5, пункт 4	90
Пинцет медицинский	шт.	49	1		49
Атомно- абсорбционный метод определения ртути (аренда прибора)	проба	500	145		72500
ICP-MS	проба	3600	75		270000
Итого:					344420,05

Продолжение таблицы 4.3

Камеральные работы					
Бумага офисная	пачка (100 л)	170	0,05	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 2	8,5
Карандаш простой	шт.	4	2,5	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 7	10
Резинка ученическая	шт.	7	0,94	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 16	6,58
Линейка чертежная	шт.	20	0,24	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 13	4,8
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	15	0,94	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 19	14,1
Стержень для ручки шариковой	шт.	15	2,8	ССН, вып. 2, табл. 62, пункт 22	28
Итого:					71,98
Итого:					347013,2

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

Таблица 4.4 – Расчет затрат на возмещение износа основных средств (амортизационные отчисления)

Наименование основных средств	Ед. изм.	Число единиц	Балансовая стоимость единицы, руб.	Продолжительность использования, месяцев	Норматив годовых отчислений, %	Сумма, руб.
ПК Samsung	шт	3	40000	3	20	2000
Принтер HP	шт	1	9000	3	20	450
МФУ Panasonic	шт	1	16000	3	20	800
Итого	шт	4	65000			3250

4.3 Общий расчет сметной стоимости работ

Общий расчет сметной стоимости оформляется по типовой форме.

Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 10% суммы основных и накладных расходов. Сумма

доплат рабочим равняется 2% от суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %.

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ

№	Статьи основных расходов	Оклад за месяц	Районный коэф-т	Итого, руб/мес
1	Геолог	35000	1,6	56000
2	Рабочий	25000	1,6	40000
	Итого в месяц:	96000		
	Итого за 3 месяца	288000		
5	ФЗП			288000
6	Страховые взносы (31,2% от ФЗП)			89856
7	ФОТ			377856
8	Материалы			347013,2
9	Амортизация (20% от стоим. осн. средств)			3250
10	Резерв (3% от ФЗП)			8640
	Итого полевые работы:			1114615,2

Общий расчет сметной стоимости всех работ отображен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Количество	
I	Основные расходы на геологические работы			
1	Проектно-сметные работы	% от ПР	100	1114615,2
2	Полевые работы			1114615,2
3	Организация полевых работ	% от ПР	1,5	16719
4	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,8	8916

Продолжение таблицы 4.6

5	Камеральные работы	% от ПР	70	780230
6	Транспортировка грузов и персонала	% от ПР	1	11146
	Итого основных расходов (ОР):			3046241,4
II	Накладные расходы	% от ОР	15	456936,21
	Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)		3503177,61	
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	700635,52
IV	Компенсируемые затраты			
1	Полевое довольствие	% от ОР	3	91387,24
2	Доплаты и компенсации	% от ОР	8	243699,3
	Итого компенсируемых затрат:			335086,54
V	Подрядные работы			
	Лабораторные работы	руб.		344420,05
VI	Резев	% от ОР	3	10332,6
	Итого сметная стоимость			4893652,32
	НДС	%	20	978730,464
	Итого с учётом НДС		5872382,784	

Таким образом, согласно произведенным расчетам, общая стоимость работ составит 5872382,784 рубля.

5 Социальная ответственность при выполнении научно-исследовательских работ по оценке ценных и токсичных элементов-примесей в углях Сахалина

Введение

Для поддержания своего существования людям необходимо трудиться. Очевидно стремление человечества к повышению эффективности труда – получению максимального эффекта при минимуме затрат. Это предполагает увеличение объемов производства, рост потребления веществ и энергии.

Социальная ответственность – 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.

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

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 содержания ртути в углях, и сравнение полученных данных с ПДК для углей. 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.

Целью раздела является анализ опасных и вредных факторов при данном виде организационной деятельности и решение вопросов обеспечения

защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, выдаются прошедшие обязательную сертификацию или декларирование соответствия средства индивидуальной защиты в соответствии с типовыми нормами, утвержденными в порядке, установленном Правительством Российской Федерации. [Статья 221 ТК РФ].

Для предупреждения заболеваний, связанных с работой на установке необходима рациональная организация труда и отдыха, которая нормируется в соответствии с санитарными правилами. [СанПиН 2.2.2.542-96.] Так как данный вид работ подразумевает возможное наличие угроз для здоровья (таких как работа в запылённом помещении, работа с подвижными частями механизмов), следует обеспечить работника всеми необходимыми мерами защиты – рабочими перчатками; очками, для исключения попадания инородных тел в глаза и область глаз; спец. одеждой, как мерой индивидуальной защиты работника и другими средствами защиты в зависимости от выполняемой человеком работы. Каждому работнику должно быть предоставлено рабочее место с учётом специфики работы.

Рабочее помещение должно оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Для внутренней отделки интерьера помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка — 0,7-0,8; для стен — 0,5-0,6; для пола — 0,3-0,5. Поверхность пола в рабочем помещении должна быть ровной, без выбоин,

нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами. В помещении должны находиться аптечка первой медицинской помощи.

5.2 Производственная безопасность

Работы на электронно-вычислительных машинах проводятся в помещении, соответствующем требованиям санитарных правил и норм. В таблице 5.1 приведены опасные и вредные факторы.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при лабораторных и камеральных работах.

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы		Нормативные документы
	Опасные	Вредные	
1.Обработка информации на ПК (обработка базы данных; написание данных; написание анализа) 2.Определение содержания ртути в твердых пробах угля сложного состава на ртутном анализаторе РА+	1.Электрический ток; 2.Короткое замыкание; 3.Статическое электричество; 4.Термическая опасность. 5. Пыль; 6. Подвижные части оборудования.	1.Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2.Отклонение параметров микроклимата в помещении; 3.Монотонный режим работы. 4.Повышенный уровень шума.	ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ [12]; ГОСТ 12.1.004-91 [13]; ГОСТ 12.1.005-88 [14]; СанПиН 2.2.4.548-96 [26]; СНиП 41-01-2003 [25]; СП 52.13330.2016 [26]

5.3 Анализ вредных и опасных производственных факторов

5.3.1 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 СанПиНом 2.2.1/2.1.1.1278-03 [22]. В таблице X 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 месте взята из материалов проведенной проверки соответствия нормам помещений.

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

Таблица 5.2 – Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [32]

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

5.3.2 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 [22].

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 [22].

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 [22]:

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

Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт). В данном случае по сезонам года актуальна легкая категория тяжести выполняемых работ. Для этой категории допустимые нормы микроклимата представлены в таблице 5.3 [22].

Таблица 5.3 – Оптимальные нормы микроклимата для помещений с ВДТ и ПЭВМ (СанПиН 2.2.4.548 – 96) [22]

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

Помещение, в котором выполнялись камеральные работы соответствует нормам микроклимата.

5.3.3 Степень нервно-эмоционального напряжения и монотонный режим работы

Длительная непрерывная работа с ПК вызывает усталость и перенапряжение зрения, внимания, нервно-эмоциональное и умственное напряжение. Все это может отрицательно повлиять на производительность труда, качество труда, «эмоциональное здоровье» человека и окружающее его общество. Во избежание перечисленных последствий продолжительность непрерывной работы с ПК без перерыва не должна превышать 2 часов.

При работе на ПК необходимо осуществлять комплекс профилактических мероприятий:

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

5.3.4 Шум

Производственный шум – сочетание различных по частоте и силе звуков.

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

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 (неприятные ощущения в области сердца в виде покалываний, сердцебиения, возникающие при нервно-эмоциональном напряжении, выраженная неустойчивость пульса и артериального давления, особенно в период пребывания в условиях шума);

✓ нервная система;

✓ органы слуха (барабанная перепонка).

К физическим характеристикам шума относятся - скорость распространения; частота; мощность; давление звука (звуковое давление).

Учитывая протяженный частотный диапазон (20-20000 Гц) при оценке источника шума, используется логарифмический показатель, который называется уровнем интенсивности (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Нормы шума для помещений лабораторий [24]

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 50 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.

5.3.5 Электрический ток.

Электрические установки, к которым относится практически все оборудование ЭВМ, а также ртутный анализатор РА-915+ представляют для человека большую потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок – токоведущие проводники оборудования, оказавшегося под напряжением в

результате повреждения изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждают человека об опасности.

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетоковедущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А – безопасен (до 1000 В) [8].

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, т.е. соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей [21] и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок [32] и правил устройства электроустановок.

Для предотвращения электротравм следует соблюдать требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности работающих на ПЭВМ [19]:

- 1) все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование питается от одной фазы электросети;
- 2) корпуса системного блока и внешних устройств заземлены радиально с одной общей точкой;
- 3) для отключения компьютерного оборудования используется отдельный пункт с автоматами и общим рубильником;
- 4) все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования проведены при отключенном электропитании.

Основными мероприятиями, направленными на ликвидацию причин травматизма, являются:

- 1) систематический контроль за состоянием изоляции электропроводов, кабелей, изоляционных трубок;
- 2) разработка инструкций по техническому обслуживанию и эксплуатации средств вычислительной техники и контроль за их соблюдением;
- 3) соблюдение правил противопожарной безопасности;
- 4) своевременное и качественное выполнение работ по проведению

планово-профилактических работ и предупредительных ремонтов.

При работе с ртутным анализатором соблюдаются требования:

- 1) Изучение всех разделов настоящего руководства по эксплуатации, схемы, конструкцию прибора и приставок назначение органов управления.
- 2) Проверка правильности подсоединения приставки к анализатору.
- 3) Надеть халат, резиновые перчатки.
- 4) Убедиться в отсутствии видимых дефектов и повреждений на корпусах розеток, шнурах питания и составных частей ртутного анализатора.
- 5) При работе с приставкой ПИРО-915+ проверка соединения воздушным шлангом входного штуцера термокамеры с выходным штуцером блока питания.
- б) Перед началом выполнения задания ознакомление с целью и порядком работы [20].

5.3.6 Электростатическое поле

Электризация заключается в следующем: нейтральные тела, в нормальном состоянии не проявляющие электрических свойств, при условии отрицательных контактов или взаимодействий становятся электростатически заряженными. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры и вредном воздействии его на человеческий организм, и не только в случае непосредственного контакта с зарядом, но и за счет действий электрического поля, которое возникает при заряде. При включенном питании компьютера на экране дисплея накапливается статическое электричество. Электрический ток искрового разряда статического электричества мал и не может вызвать поражение человека. Тем не менее, вблизи экрана электризуется пыль и оседает на нем. В результате чего искажается резкость восприятия информации на экране. Кроме того, пыль попадает на лицо работающего и в его дыхательные пути.

Основные способы защиты от статического электричества следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха. Также целесообразно применение полов из антистатического материала.

5.3.7 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.

5.3.8 Термическая опасность.

Основным источником термической опасности является ртутный анализатор РА-915+ с пиролитической приставкой ПИРО-915+, так как происходит непосредственное сжигание материала в приставке и в процессе работы прибор очень сильно нагревается. Запрещается самостоятельная работа с прибором при отсутствии заведующего лабораторией, а также запрещено касаться непосредственно самой приставки во время работы во избежание ожогов. Также должен соблюдаться температурный режим в комнате с установкой (из инструкции к прибору, +20 по Цельсию). Для индивидуальной защиты, используются перчатки, халат и очки.

5.3.9 Производственная пыль

Производственная пыль является одним из широко распространенных неблагоприятных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работающих. Целый ряд технологических процессов сопровождается

образованием мелкораздробленных частиц твердого вещества (пыль), которые попадают в воздух производственных помещений и более или менее длительное время находятся в нем во взвешенном состоянии.

За последние годы появились крупные учреждения массового обслуживания населения (супер- и гипермаркеты, комбинаты сервисного обслуживания, косметические салоны, выставочные комплексы, залы для обслуживания клиентов финансовых предприятий), в которых движение больших людских и товарных потоков создает повышенное содержание пыли в помещениях.

Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей микрона. Многие виды производственной пыли представляют собой аэрозоль.

По размеру частиц (дисперсности) различают видимую пыль размером более 10 мкм, микроскопическую — от 0,25 до 10 мкм, ультрамикроскопическую — менее 0,25 мкм.

Согласно общепринятой классификации все виды производственной пыли подразделяются на органические, неорганические и смешанные. Первые, в свою очередь, делятся на пыль естественного (древесная, хлопковая, льняная, шерстяная и др.) и искусственного (пыль пластмасс, резины, смол и др.) происхождения, а вторые — на металлическую (железная, цинковая, алюминиевая и др.) и минеральную (кварцевая, цементная, асбестовая и др.) пыль. К смешанным видам пыли относят каменноугольную пыль, содержащую частицы угля, кварца и силикатов, а также пыли, образующиеся в химических и других производствах.

Специфика качественного состава пыли предопределяет возможность и характер ее действия на организм человека. Определенное значение имеют форма и консистенция пылевых частиц, которые в значительной мере зависят от природы исходного материала.

Так, длинные и мягкие пылевые частицы легко осаждаются на слизистой оболочке верхних дыхательных путей и могут стать причиной хронических

трахеитов и бронхитов. Степень вредного действия пыли зависит также от ее растворимости в тканевых жидкостях организма. Большая растворимость токсической пыли усиливает и ускоряет ее вредное влияние.

Влияние пыли на организм. Неблагоприятное воздействие пыли на организм может быть причиной возникновения заболеваний. Обычно различают специфические (пневмоко-ниозы, аллергические болезни) и неспецифические (хронические заболевания органов дыхания, заболевания глаз и кожи) пылевые поражения.

Среди специфических профессиональных пылевых заболеваний большое место занимают пневмокониозы — болезни легких, в основе которых лежит развитие склеротических и связанных с ними других изменений, обусловленных отложением различного рода пыли и последующим ее взаимодействием с легочной тканью.

Среди различных пневмокониозов наибольшую опасность представляет силикоз, связанный с длительным вдыханием пыли, содержащей свободную двуокись кремния (SiO_2). Силикоз — это медленно протекающий хронический процесс, который, как правило, развивается только у лиц, проработавших несколько лет в условиях значительного загрязнения воздуха кремниевой пылью. Однако в отдельных случаях возможно более быстрое возникновение и течение этого заболевания, когда за сравнительно короткий срок (2~4 года) процесс достигает конечной, терминальной, стадии.

Производственная пыль может оказывать вредное влияние и на верхние дыхательные пути. Установлено, что в результате многолетней работы в условиях значительного запыления воздуха происходит постепенное истончение слизистой оболочки носа и задней стенки глотки. При очень высоких концентрациях пыли отмечается выраженная атрофия носовых раковин, особенно нижних, а также сухость и атрофия слизистой оболочки верхних дыхательных путей.

Развитию этих явлений способствуют гигроскопичность пыли и высокая температура воздуха в помещениях. Атрофия слизистой оболочки значительно

нарушает защитные (барьерные) функции верхних дыхательных путей, что, в свою очередь, способствует глубокому проникновению пыли, т. е. поражению бронхов и легких.

Производственная пыль может проникать в кожу и в отверстия сальных и потовых желез. В некоторых случаях может развиваться воспалительный процесс. Не исключена возможность возникновения язвенных дерматитов и экзем при воздействии на кожу пыли хромощелочных солей, мышьяка, меди, извести, соды и других химических веществ.

Действие пыли на глаза вызывает возникновение конъюнктивитов. Отмечается анестезирующее действие металлической и табачной пыли на роговую оболочку глаза. Установлено, что профессиональная анестезия у токарей возрастает со стажем.

Понижение чувствительности роговицы обуславливает позднюю обращаемость рабочих по поводу попадания в глаз мелких осколков металла и других инородных тел. У токарей с большим стажем иногда обнаруживают множественные мелкие помутнения роговицы из-за травматизма пылевыми частицами.

Меры профилактики пылевых заболеваний. Эффективная профилактика профессиональных пылевых болезней предполагает гигиеническое нормирование, технологические мероприятия, санитарно-гигиенические мероприятия, индивидуальные средства защиты и лечебно-профилактические мероприятия.

Гигиеническое нормирование. Основой проведения мероприятий по борьбе с производственной пылью является гигиеническое нормирование. Соблюдение установленных ГОСТом предельно допустимых концентраций (ПДК) — основное требование при проведении предупредительного и текущего санитарного надзора.

Систематический контроль за состоянием уровня запыленности осуществляют лаборатории центров санэпиднадзо-ра, заводские санитарно-химические лаборатории. На администрацию предприятий возложена

ответственность за поддержание условий, препятствующих превышению ПДК пыли в воздушной среде.

При разработке оздоровительных мероприятий основные гигиенические требования должны предъявляться к технологическим процессам и оборудованию, вентиляции, строительно-планировочным решениям, рациональному медицинскому обслуживанию работающих, использованию средств индивидуальной защиты.

Методы и средства защиты от пыли:

- внедрение непрерывных технологий с закрытым циклом (использование закрытых конвейеров, трубопроводов, кожухов);
- автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами (особенно при погрузо-разгрузочных и фасовочных операциях);
- замена порошкообразных продуктов брикетами, пастами, суспензиями, растворами;
- смачивание порошкообразных продуктов при транспортировке (душевание);
- переход с твердого топлива на газообразное или электроподогрев;
- применение общей и местной вытяжной вентиляции помещений и рабочих мест;
- применение индивидуальных средств защиты (очков, противогазов, респираторов, спецодежды, обуви, мазей).

Лечебно-профилактические мероприятия. В системе оздоровительных мероприятий важен медицинский контроль за состоянием здоровья работающих. В соответствии с действующими правилами обязательным является проведение предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров.

Основная задача периодических осмотров — своевременное выявление ранних стадий заболевания и предупреждение развития пневмокониоза, определение профпригодности и проведение эффективных лечебно-профилактических мероприятий.

Среди профилактических мероприятий, направленных на повышение реактивности организма и сопротивляемости пылевым поражениям легких, наибольшую эффективность обеспечивают УФ-облучение, тормозящее склеротические процессы; щелочные ингаляции, способствующие санации верхних дыхательных путей; дыхательная гимнастика, улучшающая функцию внешнего дыхания; диета с добавлением метионина и витаминов.

5.3.10 Подвижные части оборудования

Подвижными частями оборудования являются:

- подвижные столы и стойки станков;
- вращающиеся шпиндели с закрепленными в них заготовкой или инструментом;
- ходовые винты;
- передачи (ременные, цепные и др.) расположенные вне корпусов станков.

Источниками движущихся частей также являются транспортные устройства.

Основной величиной характеризующей опасность подвижных частей является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с.

Движущиеся части оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности, должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Одним из важных условий безопасного труда является недоступность подвижных частей оборудования, для рабочего, в ходе технологического процесса.

5.4 Экологическая безопасность

Бумага, люминесцентные лампы и составные части персонального компьютера после отработки должны правильно утилизироваться, чтобы не вредить окружающей среде.

Метод утилизации люминесцентных источников света начинается с их сбора и последующей транспортировки на предприятия, которые занимаются демеркуризацией.

Производственные организации и коммерческие структуры обязаны заключать договоры с переработчиками дневных источников освещения. После транспортировки на демеркуризационное предприятие проводится цикл их утилизации.

Использованная бумага (макулатура) собирается и транспортируется организацией, которая занимается переработкой бумаги. Процесс переработки макулатуры состоит из нескольких этапов. Сначала выполняется роспуск на волокна, осуществляемый в гидроразбивателях, в которых макулатура вращается в водной среде. На этом этапе происходит также отделение включений. После его завершения суспензия содержит волокна и неразбитые частички макулатуры. Затем происходит очистка суспензии макулатурной массы от посторонних примесей.

Каждый персональный компьютер содержит не только ценные цветные металлы, но и целый набор опасных для окружающей среды веществ. Это производные газов, тяжелые металлы, среди которых кадмий, ртуть и свинец. Попадая на свалку, все эти вещества под воздействием внешней среды постепенно проникают в почву, отравляют воздух и воду. Утилизация компьютеров и другой старой техники возможно только на предприятиях,

имеющих разрешение на переработку отходов подобного рода. Самостоятельный вывоз техники в места скопления отходов без дальнейшей утилизации является нарушением законов «Об отходах», «О металлоломе» и отдельных нормативно-правовых актов. Эти нарушения предполагают административную ответственность и, возможно, материальное возмещение в случае, если вывоз техники стал угрозой для безопасности людей и окружающей среды. Законодательными нормами не предполагается проведение экспертизы на предмет выявления в технике веществ, подпадающих под особые положения закона «Об отходах». Поэтому при утилизации следует ориентироваться на рекомендации от производителя, а также на нормы эксплуатации, предполагающие списание техники по истечении определенного срока.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

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

Условия развития пожара в зданиях и сооружениях во многом определяются степенью их огнестойкости. Степенью огнестойкости называется способность здания в целом сопротивляться разрушению при пожаре. Здания и сооружения по степени огнестойкости подразделяются на пять степеней. Степень огнестойкости здания зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций и от пределов распространения огня по этим конструкциям.

Степень огнестойкости здания II согласно. Основные части зданий I, II степени огнестойкости являются несгораемыми и различаются только пределами огнестойкости строительных конструкций. В зданиях II степени

максимальный предел распространения огня, составляющий 40 см, допускается только для внутренних несущих стен (перегородок).

Огнетушители предназначены для тушения загораний и пожаров в начальной стадии их развития. По виду огнегасительных веществ их подразделяют на: воздушно-пенные, химические пенные, жидкостные, углекислотные, аэрозольные и порошковые.

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 10 Кв.

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 как от причины, обусловившей его возникновение, так и от характера горящего объекта. Если в лаборатории возник пожар и есть угроза его распространения, то, пользуясь имеющимися под руками средствами тушения, одновременно нужно вызвать и местную пожарную охрану.

Если загорелись деревянные предметы, пожар можно тушить водой, песком и с помощью огнетушителя. Если горит нерастворимое в воде вещество (например, бензин, скипидар и др.), то нельзя применять для тушения воду, потому что пожар не только не будет ликвидирован, но даже может усилиться. Нерастворимые в воде органические вещества следует тушить песком или же накрыванием асбестом или кошмой. Нужно именно накрывать ими очаг пожара, а не набрасывать, чтобы горящие брызги не, разлетались в стороны.

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.

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.

Выводы по разделу

В настоящем разделе рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, касаемые выполняемой работы организационной деятельности, и решение вопросов обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов. Помещение, данное для выполнения назначенных работ, соответствует всем нормам.

Заключение

В Сахалинский угольный бассейн включены все известные на о. Сахалин месторождения и углепроявления каменного и бурого угля, приуроченные к угленосным формациям меловой, палеогеновой и неогеновой систем.

Предметом исследования являлись угли и углевмещающие породы Тихменевского, Первомайского, Хандасинско-Семиреченского, Горнозаводского, Солнцевского, Константиновского, Новиковского месторождений и Северной группы углепроявлений.

Проведенные исследования показали, что угли Сахалинского бассейна в целом характеризуются содержаниями элементов-примесей ниже значения кларка для углей.

В углях Хандасинско-Семиреченского каменноугольного месторождения по сравнению с кларком для углей отмечены повышенные средние значения Sc, Cr, Co, Cs, Zn, Rb, Sr, As, La, Hf, Th, среди которых для промышленного извлечения можно выделить Sc.

В Первомайском месторождении на участке «Графский» в углях наблюдается промышленное содержание Sc и Sr. Также угли обогащены Sc, Cr, Co, Zn, Rb, Sr, Cs, Hf, Ta, Th, что выше кларковых показателей.

На Тихменевском буроугольном месторождении отсутствуют промышленно значимые и токсично опасные содержания, только концентрация ртути в отдельных пробах приближена к таковому значению (0,942 г/т). Отмечено среднее содержание Sc, Cr, Co, Zn, Rb, Sr, Cs, Hf, Hg, которое превышает уровень кларка для углей.

Территория Северной группы углепроявлений бедна на наличие в ней ценных и токсичных элементов. Можно выделить среднее значение Co, Zn, Sr которое превышает значение кларка для углей

На Горнозаводском каменноугольном месторождении содержание элементов-примесей в целом ниже кларка, но также присутствуют локальные аномально высокие значения, которые характерны для таких элементов как Sc,

V, Zn, Y, Zr, Er, Yb, Hf, W.

В Солнцевском бурогольном месторождении содержание элементов не достигают уровня кларка для углей, можно встретить отдельные концентрации с аномально высокими значениями (Sc, V, Co, Cu, Zn, Sr, Zr, Ba).

Угли Константиновского месторождения характеризуются средним содержанием которое превышает уровень кларка для углей, к ним относятся Be, Sc, V, Cr, Sr, Zr, Ba, где можно выделить локальные концентрации Sc, V, Sr, которые превышают минимальное промышленное значение.

Угли Новиковского месторождения содержат в себе элементы-примеси, среднее содержание которых не превышает кларк для углей, за исключением никеля. Но присутствуют локальные аномально высокие концентрации элементов – Ni, Ge, Pb. Ни один элемент не превышает минимального промышленного значения. Высокие значения наблюдаются у германия, поскольку данное месторождение является германиеносным, но участок, угли которого богаты германием, уже отработан.

С точки зрения токсичности, угли экологически чистые, поскольку не обнаружены элементы-примеси, которые превышающие порог токсичности.

Список использованной литературы

1. Тетюева М. В. История формирования и развития угольной промышленности на Сахалине. Середина XIX в. – 1945 г. : автореф. дис. ... канд. ист. наук. – Южно-Сахалинск, 2003. – 216 с.
2. Боровик В., Васюк И., Евсеев В., Ковтунович Ю., Лапшин А. и др. Минерально-сырьевая база Сахалина и Курильских островов на рубеже третьего тысячелетия. – Южно-Сахалинск : Сахалинское книжное издательство, 2000. – 120 с.
3. Ковальчук Е. Г. Анализ современного состояния и перспектив развития угольной промышленности Сахалина // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. № 5. С. 40.
4. Недра Сахалинской области. – Южно-Сахалинск : Сахалин – Приамурские ведомости, 2013. – 120 с.
5. Полезные ископаемые Сахалинской области. – Южно-Сахалинск : Сахалинское книжное издательство, 2002. – 120 с.
6. Макарова Н. С. Пояснительная записка и сводный баланс запасов углей Сахалинской области по состоянию на 01.01.2012 г. – Южно-Сахалинск : ФГУ СахТФГИ, 2012. – 69 с.
7. Федюнина Т. И., Жилиякова Е. А. Анализ качественных характеристик сахалинских углей с целью определения возможности их комплексного использования. – Южно-Сахалинск : Сахалингеология, 1990. – 152 с.
8. Доклад об экологической ситуации и об охране окружающей среды Сахалинской области в 2015 году / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Сахалинской области. – Южно-Сахалинск : ООО «Эйкон», 2016. – 208 с.
9. Подолян В.И. Угольная база России. Том V. Книга 2. Угольные бассейны и месторождения Дальнего Востока России (Республика Саха, Северо-Восток, о. Сахалин, п-ов Камчатка) / Подолян В.И., Елисафенко Т.Н., Пензин Ю.П. – М.: Геоинформмарк, Геоинформ, 1999. – 638 с.

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

11. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России. Справочник / Ю. Н. Жаров, Е. С. Мейтов, И. Г. Шарова и др. М.: Недра, 1996. 239 с.

Нормативная литература

12. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация - Введ. 2017-03-01

13. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общее требования.

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

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

16. ГОСТ 12.4.124-83 Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.

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

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

19. ГОСТ Р МЭК 61140-2000. Защита от поражения электрическим током. Общие поражения электрическим током. Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязь

20. 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.

21. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, ПОТ Р М-016-2001.

22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к

естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

23. 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.

24. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

25. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование

26. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

27. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М: Минздрав России, 1997 – 132 с.

28. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.7: Лабораторные исследования полезных ископаемых и горных пород. – М.: ВИЭМС, 1992. – 352 с.

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

30. 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.

31. 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»

32. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. "НЦ ЭНАС", М., 2005 (621.3, П-683).

Приложение А

Раздел 1

Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ЛМ71	Галатонова Яна Анатольевна		

Руководитель ВКР

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения иностранных языков Школы базовой инженерной подготовки ТПУ	Уткина А.Н.	к.ф.н.		

Coal as a promising source of critical elements: Progress and future prospects

1 Introduction

Coal is a resource primarily used for electric power generation, and currently supplies 41% of global electricity needs [1]. Significant quantities of coal are also employed in metallurgical processes, gasification, cement industries, and as raw materials for activated carbon and many common and industrial chemicals, as well as for heat for the wallboard, aluminum, and cement industries. A number of coals can also be considered as an economic source of a number of critical elements, including Ge, Ga, U, V, Se, rare earth elements and Y (REY or REE if Y is not included), Sc, Y, Nb, Au, Ag, platinum group elements (PGEs), and Re, as well as some base metals, such as Al and Mg. World economies largely depend on those critical elements, which are driving some of the biggest advancements in technology and energy efficiency in the world today. However, these critical elements are becoming scarce and expensive as their resource in conventional ores are exhausted and as the demand for these elements has grown rapidly due to their wide applications. In addition, supplies of these metals are controlled by a limited number of sources. For example, China now controls about 85% of world REE production. China is also the leading global producer of Ge and has annually produced 120 tons in 2014 and 2015, accounting for ~73% of the world total production (165 tons) [2]. These factors have initiated a global treasure hunt by way of exploration for new sources of these critical elements (particularly for REE. One promising source of many of these elements is coal and/or coal combustion products (CCPs; e.g., fly ash). Indeed, the concentrations of these elements in some coals and CCPs are comparable to, or even higher than, those found in conventional ores. The terms 'coal-hosted rare-metal deposit' or 'metalliferous coal' have been used to describe coals with practical economic significance for critical

element production with concentrations of valuable elements in coal generally at least 10-times higher than the respective averages for world coals. The possible recovery of critical elements from coal and its combustion byproducts is an exciting research area, representing a dramatic paradigm shift for coal; although it is not new for Ge, U, V, and Se which have been derived from coal and used industrially for many years, it is a truly new subject for REE, Y, Sc, Nb, Zr, PGEs, Au, Ag, and Re, as well as base metals Al and Mg [3].

2. Progress of coal as a promising source of critical elements

2.1 Uranium

Utilization of U from coal represents the first successful example of an industrial byproduct from coal. In the post-World War II years, U-rich coal was one of the major sources of U for the nuclear industry in the USA and the Soviet Union [4]. Following later discoveries of larger non-coal U deposits, utilization of U from coal attracted less attention. However, interest in coal-hosted U deposits has recently been revived, mainly because of the decreasing U reserves in conventional deposits. The average concentrations of U for world low-rank and hard coals are 2.9 and 1.9 ppm, respectively [5] (Table 1). The cutoff grade of U in coal ash is suggested to be set as 1000 ppm (Table 1). Uranium concentrations in coal-hosted ore deposits may vary from tens of ppm to a few thousands of ppm, and U resources as high as 60,000 tones have been identified in a coal basin in Kazakhstan, Middle Asia [3].

Table 1 – Selected critical elements in world coal and coal ash (ppm), as well as suggested cut-off grade (ppm, ash basis) of coal-hosted ore deposits

Critical elements	World coals ^a			World coal ash ^a			Suggested cut-off grade ^b
	Low-rank coals	Hard coals	All	Low-rank coals	Hard coals	All	
U ^c	2.9	1.9	2.4	16	15	16	1000
Ge ^d	2.0	2.4	2.2	11	18	15	300
V ^d	22	28	25	140	170	155	1000
Se ^d	1.0	1.6	1.3	7.6	10	8.8	500–800 ^e
Ga ^f	5.5	6.0	5.8	29	36	33	100 (50 ^g)
REE ^h	78.7	82.5	82.6	429	537	485	1000 ⁱ
Y ^h	8.6	8.2	8.4	44	57	51	300
Sc ^h	4.1	3.7	3.9	23	24	23	100
Nb ^h	3.3	4.0	3.7	18	22	20	300
Zr ^h	35	36	36	190	230	210	2000
Mo ^j	2.2	2.1	2.2	15	14	14	1000
Re ^j	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1 ^k
W ^j	1.2	0.99	1.1	6.0	7.8	6.9	1000
Ag ^j	0.090	0.100	0.095	0.59	0.63	0.61	10
Be ^j	1.2	2.0	1.6	6.7	12	9.4	300
Sb ^j	0.84	1.00	0.92	5.0	7.5	6.3	1000
Cs ^j	0.98	1.1	1.0	5.2	8.0	6.6	150

nd, no data.

^a From [5].

^b From [4].

^c Critical element had already been industrial utilized.

^d Critical elements are currently being industrially utilized.

^e Based on the cut-off grade of stone-like coal.

^f Pilot plants for critical element extraction have been successfully developed.

^g The value for co-production of Al and Ga.

^h Extraction technologies are on laboratory scale.

ⁱ Oxides of rare earth elements plus Y.

^j Critical elements have promising for utilization.

^k On whole coal basis.

^l Based on placer gold deposit.

Highly-elevated concentrations of U have been found in a number of coals. For example, U in Colorado and South Dakota lignite's can be up to 0.1% and a coal with 0.45% U (ash basis) was noted in a North Dakota lignite [6]; the Lopingian coals from Guiding coalfield of Guizhou Province contain 950 ppm U (ash basis); up to 1.62% U (ash basis; or 7200 ppm on a whole coal basis) has been found in the Yili coals in Xinjiang Province of northwestern China.

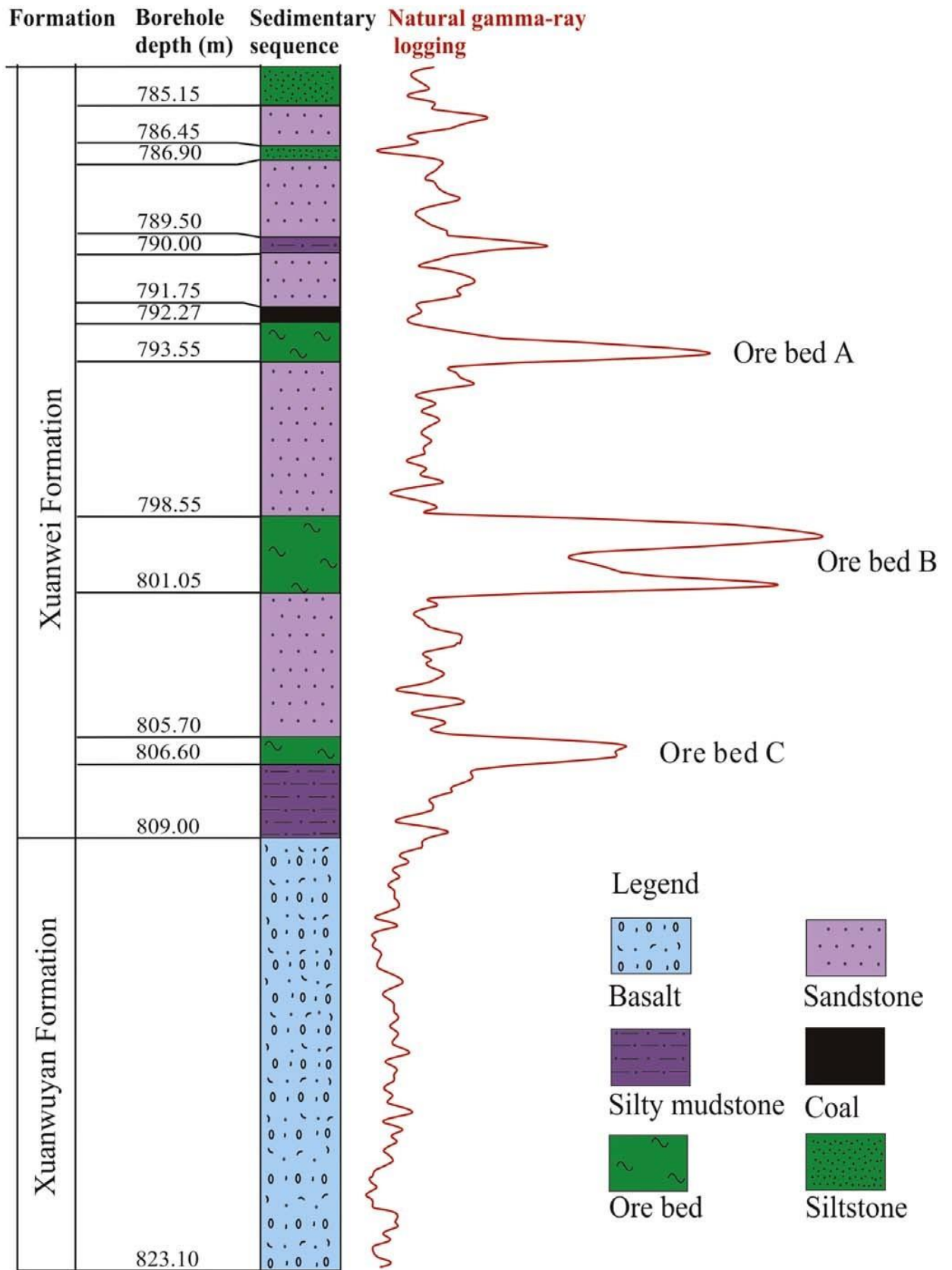


Fig. 1. Positive anomalies in natural gamma-ray well logs of REY–Zr(Hf)–Nb(Ta) ore beds (Drillhole No. 2009-BX-4 in Xuanwei). Ore Bed A directly underlies the coal seam; Ore Beds B and C are stratigraphically separated from the coal seams

There are several indicators for coal-hosted U deposit prospecting, including 1) Significant positive natural gamma-ray anomalies of ore deposits in well logging; however, intra-seam alkali ton stein layers or alkali tuffs in coal-bearing sequences, which also show positive natural gamma-ray anomalies in well logging, should be considered for Nb-Zr-REY-Ga deposit prospecting rather than those of U deposits (Fig. 1). 2) Coal seams interlayered between limestones and preserved within carbonate successions. In this case, the thickness of coal seams is from tens of centimeters to less than three meters, generally 1–2 m. The coals are usually characterized by super-high-organic-sulfur (4–10%). Uranium in this type of deposit is usually enriched throughout the coal seam with a concentration from tens of ppm to 300 ppm, mostly 100–200 ppm. 3) Coal seams related to sandstone-hosted roll-type uranium deposits. U-rich coals usually directly underlie the sandstone-hosted U deposits and the U in the coals in many cases is enriched in the upper part of the coal seam. Concentrations of U in this deposit type considerably vary from tens of ppm to several thousands of ppm.

2.2 Germanium

Germanium has been commercially extracted from coal since the late 1950s. Three coal deposits are currently being mined as raw materials for Ge extraction. The Ge extracted from these deposits accounts for > 50% of the world's total industrial Ge production. The average concentrations of Ge for world low-rank and hard coals are 2.0 and 2.4 ppm, respectively, with an average of 2.2 ppm for all coals. The cut-off grade of Ge in coal ash is suggested to be set as 300 ppm (Table 1). The Ge concentration in the three coal-hosted Ge deposits varies from hundreds to thousands of ppm.

The Spetzugli high-Ge coal deposit is located in the Pavlovka Coalfield of the southern Russian Far East. Three Paleogene coal seams, with an average Ge concentration of 1025 ppm, are currently being mined and

burned for Ge recovery. The ensured Ge reserves in the Spetzugli high-Ge coal deposit are about 1000 t and the designed capacity for Ge production is 21 tons per year [7].

The Wulantuga high-Ge coal deposit of early Cretaceous age is located in the Shengli Coalfield, Inner Mongolia, and northeastern China. C6 Coal, with an average thickness of 16.1 m, is the major host for the high Ge coal resources. Germanium concentration in the coal varies from a few hundreds of ppm to > 1000 ppm, with an average around 240–270 ppm. The reserves of the Ge that could be extracted from the coal are 1700 tons. The designed capacity for Ge production in the recovery plant at the Wulantuga deposit is 100 tons per year.

The Lincang high-Ge coal deposit of Neogene age is situated in southwestern Yunnan province of southwestern China. The high-Ge coals are mined mainly from the Dazhai Mine, the Meiziqing Mine, and the Chaoxiang pit of the Zhongzhai Mine. The Ge concentrations in the Dazhai Mine are 1294 ppm on average. The ensured Ge reserves in the Lincang ore deposit are 728 tons and the Ge production of the Lincang Ge recovery plant is from 39 to 47.6 t per year.

The coal rank, modes of occurrence, and origin of Ge in the three Ge deposits are similar. All three high-Ge coals have a low rank. On the other hand, porous inertinite-rich coal seems not only provided channels for migration of Ge-bearing solutions but also acted as a reductant, which may have led to Ge precipitation in the coal. The relation between the Ge enrichment and the maceral compositions, however, is not clear and needs further investigations. The Ge was derived from Ge-rich granites (either as basement of coal-bearing sequences or occurring in the adjacent area of coal deposits) leached by hydrothermal [7].

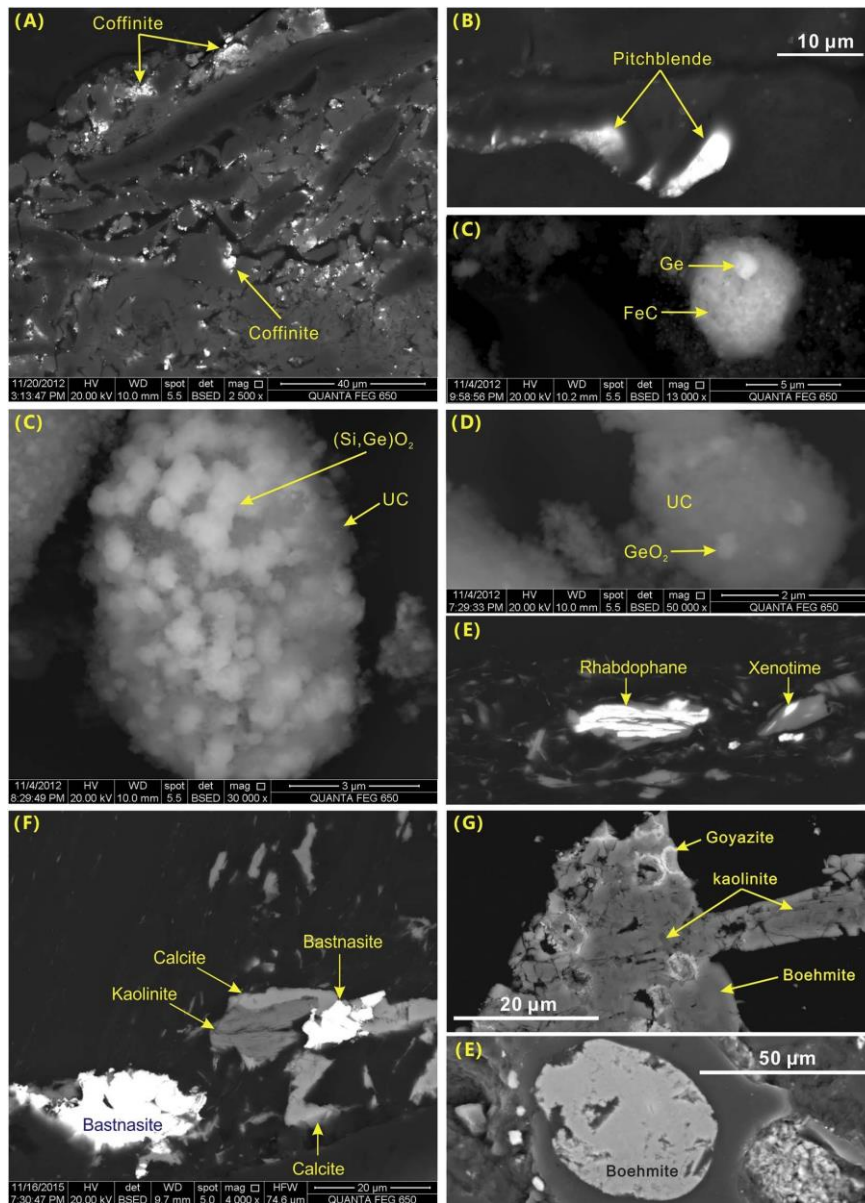


Fig. 2. Critical-element-bearing minerals in coal. (A), coffinite in the Yili U-rich coals; (B), pitchblende in the Yili U-rich coals; (C), Ge in the Ge-rich fly ash derived from Wulantuga ore deposit; (D), (Si,Ge)O₂ and UC (unburned carbon) in Ge-rich fly ash derived from Lincang ore deposit; (E), GeO₂ in the UC in the Ge-rich fly ash derived from Lincang ore deposit; (F), rhabdophane and xenotime in the REY-rich Moxinpo coals; (G), bastnasite in the REY-rich Moxinpo coals

All these coals are combusted in small-scale power plants with different types of fly ash collection systems. Ge-rich coals are combusted in specialized boilers (a vortex or a chain conveyer furnace, or a flare-layered boiler) to concentrate the Ge in the ash, which is then collected by electrostatic precipitators and baghouse filters. The percentage of Ge in fly ashes derived from Ge-rich coals may range up to 5%. High-Ge fly ashes

collected from baghouse filters of the plants are the raw materials for production of various Ge compounds and metallic Ge. Various Ge compounds, including reduced Ge ingots and high-purity zone-refined Ge ingots (from 99.99999 to 99.999999%), are produced from these Ge-rich fly ashes.

Based on data obtained from selective leaching by various reagents on Ge-bearing fly ashes, the modes of occurrence of Ge in the fly ashes were deduced as GeO_2 ; germanates of Ca, Fe, Mg, Al, Zn, and Pb; solid solution of Ge in SiO_2 ($(\text{Ge,Si})\text{O}_2$); and silicogermanates [8]. An investigation on the combustion products from the Lincang, Wulantuga, and Primorye ore deposits by showed that Ge in the fly ash derived from the Ge-rich coals occurs as GeO_2 , Ge concentrates in unburnt carbon, glass particles, Ca ferrites, solid solutions of Ge in SiO_2 , elemental Ge, $\text{Ge}(\text{Ge-W})$ carbides, and complex As- and Sb-bearing Ge oxides, as well as some unknown complex oxides including $(\text{Ge,As})\text{O}_x$, $(\text{Ge,As,Sb})\text{O}_x$, $(\text{Ge,As,W})\text{O}_x$, and $(\text{Ge,W})\text{O}_x$ (Fig. 2).

In addition to Ge that has already been and is now being industrially utilized, other critical metals in coal-hosted ore deposits, such as Au, Ag, and PGEs, should also be considered for co-recovery. For example, the Au concentration in the three coal-hosted Ge deposits currently being mined is from tens of ppb to a few ppm [9].

2.3 Gallium and Al

A large coal-hosted deposit of Al and Ga in Jungar, Inner Mongolia, China, was first reported in 2006 and has been confirmed by subsequent studies. The confirmed reserves of Al_2O_3 and Ga in this deposit are 150 Mt. and 49,000 tonnes respectively. The concentration of these elements in the fly ash derived from the coal is ~51% Al_2O_3 and ~92 ppm Ga, making the Al concentrations similar to those in conventional bauxite deposits.

The major carriers of Al and Ga in the coal-hosted deposits are

boehmite, diasporite, and kaolinite (Fig. 2). The boehmite and diasporite in the coals were syngenetically formed during peat accumulation, probably from colloidal solutions of gibbsite derived from the exposed bauxite of the Benxi Formation in the sediment source region. Some indicators could be considered for new coal-hosted Ga-Al deposit prospecting, including the short distance between the sediment source region and coal basin, bauxite-dominated composition in the sediment source region, and elevated compositions of boehmite and/or diasporite in coal.

A number of technologies, e.g. acid and alkali methods or a salt activation method, have been developed to extract Ga and Al from these high- Al_2O_3 fly ashes [11]. A pilot plant, with an annual processing capacity of 800,000-tonnes Al_2O_3 and approximately 150-tonnes Ga, was built at the beginning of 2011, and the pilot process was successfully functioning in 2016, with 85–90% extraction rate of Al_2O_3 (99.74% purity) and 99.99%-purity Ga. Other technologies for Al extraction from fly ash have also been developed, for example, Al and Si have been extracted using ammonium sulphate $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and citric acid $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ followed by a high temperature calcination [12].

2.4 Other resources

In addition to U, Ge, REE, Y, Ga and Al, precious metals Au and Ag were recovered from coals in Wyoming and Utah, United States, in the late 19th and early 20th centuries, and potentially economic concentrations of Au and Ag in coal have also been reported [10,13]. Selenium and V are currently being industrially extracted from some stone-coals. A number of other metals in coal, including Sc, Nb, Zr, Cr, Ti, Li, Pt, and Pd, have high potential for industrial utilization. A combined hydrometallurgical/thermal reduction process has been developed to recover magnesium from fly ash derived from low-rank coals in southeastern Australia; the process involves the treatment of the fly ash by chemicals to reduce sulfur, iron, and silicon to acceptable

levels so that the beneficiated material can be used as a feedstock in the thermal-reduction process. A pre-feasibility study and an adjustment study of this technology have been successfully completed; and a feasibility study to commercially justify the new technology is now in progress [14].

3. Benefits and future prospects

The extraction and utilization of critical elements from coal and coal ash could result in many benefits: 1) solving the current limitations of developing new conventional metalliferous mines; 2) a steady supply of critical elements and thus providing national security; 3) lowering the cost of the necessary infrastructure and mining by utilizing a readily available industrial by-product; 4) eliminating the need to open marginally economic mines and their associated environmental disruption; 5) avoiding grinding as fly ash is already characterized by fine particle size; 6) reducing the need for environmentally disruptive traditional mining and the danger of slurry impoundment breaches; 7) reducing the emission of dust to the atmosphere from conventional ore mining and processing; 8) minimizing the leaching of toxic elements (e.g., As, Hg, Pb, Se, Tl, and F) and their contamination to surface and ground waters from tailings; and 9) reducing the financial and environmental costs of disposing of CCPs, particularly through extracting multiple elements from a single ash source. These advantages of extracting elements of strategic importance from coal and their combustion by-products will make this source an economically and environmentally attractive option especially for China, the U.S., Russia, India, and other countries that will remain major coal users for the foreseeable future.

¹ H																	² He
³ Li	⁴ Be											⁵ B	⁶ C	⁷ N	⁸ O	⁹ F	¹⁰ Ne
¹¹ Na	¹² Mg											¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar
¹⁹ K	²⁰ Ca	²¹ Sc	²² Ti	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn	³¹ Ga	³² Ge	³³ As	³⁴ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr
³⁷ Rb	³⁸ Sr	³⁹ Y	⁴⁰ Zr	⁴¹ Nb	⁴² Mo	⁴³ Tc	⁴⁴ Ru	⁴⁵ Rh	⁴⁶ Pd	⁴⁷ Ag	⁴⁸ Cd	⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe
⁵⁵ Cs	⁵⁶ Ba	⁵⁷ La	⁷² Hf	⁷³ Ta	⁷⁴ W	⁷⁵ Re	⁷⁶ Os	⁷⁷ Ir	⁷⁸ Pt	⁷⁹ Au	⁸⁰ Hg	⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn
⁸⁷ Fr	⁸⁸ Ra	⁸⁹ Ac	¹⁰⁴ Rf	¹⁰⁵ Db	¹⁰⁶ Sg	¹⁰⁷ Bh	¹⁰⁸ Hs	¹⁰⁹ Mt	¹¹⁰ Uun	¹¹¹ Uuu	¹¹² Uub						

⁵⁸ Ce	⁵⁹ Pr	⁶⁰ Nd	⁶¹ Pm	⁶² Sm	⁶³ Eu	⁶⁴ Gd	⁶⁵ Tb	⁶⁶ Dy	⁶⁷ Ho	⁶⁸ Er	⁶⁹ Tm	⁷⁰ Yb	⁷¹ Lu
⁹⁰ Th	⁹¹ Pa	⁹² U	⁹³ Np	⁹⁴ Pu	⁹⁵ Am	⁹⁶ Cm	⁹⁷ Bk	⁹⁸ Cf	⁹⁹ Es	¹⁰⁰ Fm	¹⁰¹ Md	¹⁰² No	¹⁰³ Lr

- Once industrially utilized
- Currently industrially utilized (e.g., Ge, Se, V) or pilot plants have been successfully developed (e.g., Mg, Al, Si, Ga)
- Highly-promising for utilization^a
- Promising for utilization^b
- Not promising for utilization^c
- Non-metals

Fig. 5. General situation of utilization for valuable elements in coal. Very promising for use: extraction technologies are currently on laboratory scale or are currently being optimized for further development towards pilot scale. Promising for utilization: highly-elevated concentration elements in coal and coal ash have been found and are comparable to, or even higher than, those found in conventional ores, but the extraction technologies have not been studied. Not promising for utilization: concentration elements in coal and coal ash have not been found to be comparable to those found in conventional ores, and thus these elements could not be economically utilized in the foreseeable future

Extensive literature clearly suggests that above-mentioned critical elements could (or potentially could) be utilized from the relevant coal combustion products. However, finding the coals with or resulting in highly elevated concentrations of critical elements in their CCPs and efficient extraction of the critical elements from coal or coal ash are essential prerequisites. Even though many methods and techniques have been developed and some have been or are being industrially utilized for metal extraction (e.g., Ge, V, Se, Ga, and U, as well as base metals Al), no

commercial precedence has been reported for recovering some other critical elements (e.g. REE + Y + Sc, Nb, Zr, PGEs) from coal by-products. Some challenges for such coal ash utilization exist and future research directed towards economic, highly-efficient, and environmentally-friendly extraction could be beneficial:

(1) Prospecting for coals with high-concentrations of critical elements. Although the concentrations of critical elements in some coals and/or fly ashes are comparable to or, in some cases, even higher than those found in conventional types of ores, overall they are relatively low (an exception being the coal-hosted Ge deposits in China and Russia). Finding the coals with highly elevated concentrations of critical elements is essential to determine the most promising raw materials for extraction processes. Extraction methods particularly for such coal-hosted 'low-grade' ore deposits should be further investigated for economic significance.

(2) Joint mining methods of coal and non-coal horizons. Critical elements as mentioned above are enriched not only in coal, but also in some cases in partings, host rocks (roof and floor strata), or in non-coal horizons in coal-bearing strata that are stratigraphically separated from the coal seams. In these cases, the joint mining methods of coal and non-coal horizons should be considered in order to minimize mining expenses when possible, and extraction method not only for coal ash but also for non-coal horizons should be investigated [3,15].

(3) Modes of occurrence of critical elements. For critical element extraction from coal ash and non-coal horizons, modes of elemental occurrence in these raw materials are particularly important, and thus they should be part of the comprehensive characterization of coals and combustion byproducts, prior to the design of any extraction methods.

(4) Co-recovery methods for co-production of critical elements. Often there is more than a single critical element co-enriched in the same coal-hosted ore deposit. For example, coal-hosted Ge deposits are usually rich in elements

Au, Ag, U, and W; coal-hosted U deposits are usually rich in V, Se, Mo, and Re; REY are enriched in coal-hosted Ga-Al deposits; and coal-hosted REY deposits usually have elevated concentrations of Nb, Zr, Hf, and Ga. All these elements have potential economic significance, and thus co-recovery methods for co-production of critical elements need to be developed in order to maximize the economic benefits and minimize waste disposal of the ash utilization.

(5) Environmental issues. Some toxic trace elements may be highly enriched in coal-hosted ore deposits and fly ashes, and, thus, could lead to adverse effects on the environment and human health. For example, the fly ash derived from the Wulangtua Ge-rich coals contains up to 21,795 ppm As, 15,568 ppm F, 137 ppm Tl, and 160 ppm Hg. The Lincang fly ash derived from the Ge-rich coal contains up to 5539 ppm Pb, 279 ppm Cs, 7955 ppm Zn, 894 ppm Be, and 106.5 ppm Cd; as well as highly elevated Th and U in coal-hosted REE deposits. These high concentrations are largely attributed the elevated levels of the same elements in the feed coals. To our knowledge, these are some of the highest reported levels of toxic elements in fly ash. The modes of occurrence and methods for controlling the release of these toxic elements need further study for environment and human health protection.

The other environmental considerations also include: 1) the proper management of multiple secondary waste streams generated during the process of critical element extraction from coal ash; 2) the safely transport and storage of coal ash feedstock for critical element extraction, e.g., unintended spills, leaching of contaminations, and fugitive dusts; 3) proper treatment and management of chemical reagents (e.g., leaching acids and organic solvents for critical element extraction) for unintended environmental releases or exposure to workers. 4) Further research efforts required to generate necessary toxicological information to develop safety recommendations when such industrial utilization of coal-hosted ore deposits expanded in the future [16].

(6) Enrichment mechanism of critical elements. Investigations on abundance, modes of occurrence, and enrichment mechanism of critical elements in coal and associated non-coal horizons within coal-bearing sequences could be used as geochemical indicators for nearby mineralization, peat accumulation process, sediment-source region, diagenetic and epigenetic process, regional tectonic history, and geological events [10].

4 Conclusions

Because of the increasing scarcity, high prices, exhausted resources in conventional ores, and demand of critical metals, prospecting coal-hosted ore deposits (or metalliferous coals) for critical elements is essential for economic growth and security of national defense. Coal-hosted ore deposits are a highly promising source of the critical elements. Uranium had been extracted from coal for nuclear industry in the 1950s; germanium, Se, and V are being currently mined and industrially extracted from coal (stone coal) ash. Pilot plants have been successfully developed for Ga and Al, as well as Si and Mg. A number of laboratory scale technologies have been devised to extract REY as well as Nb, Zr, and Ti from coal ash and from tuff and will shift towards industrial recovery in the foreseeable future. Coal ash may also be a promising source of elements including PGEs, Au, Ag, Li, Cr, Mo, W, and Re, and has such promising for utilization. The industrial recoveries of critical elements from coal ash could result in many benefits both economically and environmentally. Although there are some challenges for coal-hosted ore deposit utilization of critical elements, including economic extraction technologies and environmental issues during industrial recovery, the industrial utilization of coal-hosted ore deposits are highly promising.

References

1. World Coal Association, 2017. <https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-electricity> (accessed on April 27, 2017).
2. U.S. Geological Survey, 2016. <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/germanium/mcs-2016-germa.pdf> (accessed on May 4, 2017).
3. Seredin, V., Finkelman, R.B., 2008. Metalliferous coals: a review of the main genetic and geochemical types. *Int. J. Coal Geol.* 76, 253–289.
4. Kislyakov, Y.M., Shchetochkin, V.N., 2000. Hydrogenic ore Formation: Moscow.
5. Ketris, M.P., Yudovich, Y.E., 2009. Estimations of Clarkes for carbonaceous biolithes: world average for trace element contents in black shales and coals. *Int. J. Coal Geol.* 78, 135–148.
6. Moore, G.W., Melin, R.E., Kepferle, R.C., 1959. Uranium-bearing lignite in Southwestern North Dakota. *U.S. Geol. Surv. Bull.* 1055-E, 147–166.
7. Zhuang, X., Querol, X., Alastuey, A., Juan, R., Plana, F., Lopez-Soler, A., Du, G., Martynov, V.V., 2006. Geochemistry and mineralogy of the Cretaceous Wulantuga high germanium coal deposit in Shengli coal field, Inner Mongolia, Northeastern China. *Int. J. Coal Geol.* 66, 119–136.
8. Shpirt, M.Ya., Rashevskii, V.V., 2010. Trace Elements of Fossil Fuels. Kuchkovo Pole, Moscow (383 pp. in Russian).
9. Seredin, V.V., Dai, S., 2012. Coal deposits as potential alternative sources for lanthanides and yttrium. *Int. J. Coal Geol.* 94, 67–93.
10. Finkelman, R.B., Brown, R.D., 1991. In: Peters, D.C. (Ed.), Coal as a Host and as an Indicator of Mineral Resources. *Geology in Coal Resource Utilization*, TechBooks, pp. 471–481.
11. Guo, C., Zou, J., Wei, C., Jiang, Y., 2013. Comparative study on extracting alumina from circulating fluidized-bed and pulverized-coal fly ashes

through salt activation. *Energy Fuel* 27, 7868–7875.

12. Gedam, V.V., Labhassetwar, P.K., 2017. Extraction of silica (Si) and alumina (Al) from coal combustion residues (CCRs) using ammonium sulphate and citric acid. In: Paper Presented at the World of Coal Ash (WOCA) Conference, May 8-11. (Lexington, KY)

13. Arbuzov, S.I., Rikhvanov, L.P., Maslov, S.G., Arhipov, V.S., Belyaeva, A.M., 2006.

14. Zubovic, P., Stadnichenko, T., Sheffey, N., 1961. Geochemistry of minor elements in coals of the Northern Great Plains Coal Province. *U.S. Geol. Surv. Bull.* 1117–A (58pp.). <http://latrobemagnesium.com/> (accessed on July 15, 2016).

15. Rozelle, P.L., Khadilkar, A.B., Pulati, N., Soundarrajan, N., Klima, M.S., Mosser, M.M., Miller, C.E., Pisupati, S.V., 2016. A study on removal of rare earth elements from U.S. coal byproducts by ion exchange. *Metall. Mater. Trans E* 3, 6–17.

16. Mayfield, D.B., Lewis, A.S., 2013. Environmental review of coal ash as a resource for rare earth and strategic elements. In: Paper presented at the World of Coal Ash (WOCA) Conference, April 22–25, 2013. Lexington, KY.