

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ОХОТНИКОВ КОНСТАНТИН ВЛАДИМИРОВИЧ

**ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИЦИРОВАНИЯ УГЛЕЙ НА ОСНОВЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА УГОЛЬНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КУЗБАССА**

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата геолого-минералогических наук

Специальность 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минералогия

Научный руководитель:
доктор геолого-минералогических наук,
профессор Иванов В.П.

Томск – 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ИЗУЧЕНИЯ УГЛЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА УГЛЕЙ ДЛЯ ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ ПО МАРКАМ	13
1.1. Законодательная и нормативно-методическая обеспеченность в системе государство-недропользователь и проблематика их применения.....	15
1.2. Отечественная система классифицирования улей и запасов	21
1.3. История изучения генетических свойств углей	23
1.4. Основная направленность и особенности классифицирования углей	25
1.5. Особенности маркировки и перемаркировки углей	31
1.5.1 Особенности применения ГОСТ 25543-2013	34
1.5.2 Особенности перемаркировки углей	37
1.6. Особенности оценки запасов по маркам и технологическим группам углей	40
1.7. Выводы по первой главе.....	43
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	45
2.1 Геологическое строение Кузнецкого бассейна	45
2.2 Характеристика и основных закономерностей параметров углей Кузбасса.....	51
2.3 Методология исследований.....	55
ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТАМОРФИЗМА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП СТАНДАРТА (ГОСТ 25543-2013) ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ УГЛЕЙ	66
3.1 Существующий учёт запасов коксующихся углей по маркам	66
3.1 Оценка технологической ценности спекающихся углей	67
3.1.1 Особенности взаимосвязей между классификационными показателями	68
3.1.2 Особенности классифицирования углей.....	72
3.2.2 Особенности оценки спекающих и коксующих свойств углей по маркам	78
ГЛАВА 4. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ И ВЫДЕЛЕНИЯ БЛОКОВ ПО МАРКАМ ДЛЯ ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ НА ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ	87
4.1. Существующие принципы и обоснование разведочной сети.....	88
для установления границ марки угля	88
4.2. Алгоритм по оценке достоверности марочного состава углей и определения количества опорных точек и плотности разведочной сети для выделения марочных и технологических границ	97
4.3 Метод определения блоков по маркам углей в угленосной толще для подсчёта запасов на основе их технологической специализации	101
4.4. Применение градиентов для построения блоков по маркам	102
4.5. Критерии размещения проектных скважин в разведочной сети	104

4.6. Аprobация метода на действующих участках.....	107
4.6.1 Примеры выделения границ для блоков по маркам и границы перехода углей по марочному составу.....	108
ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.....	117
5.1. Характеристика энергетических и коксующихся углей Кузбасса для добычи и реализации	117
5.2 Особенности формирования сырьевой базы углей недропользователя на основе разведанных запасов	125
5.2.1 Гармонизация классифицирования углей с международной практикой.....	125
5.2.2 Порядок формирования сырьевой базы углей недропользователя.....	130
5.3 Характеристика распределения энергетических и коксующихся углей Кузбасса с применением технологической и энергетической специализации	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ	144
Сокращения нормативно-методических документов и ссылка в списке литературы	144
ЛИТЕРАТУРА.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Представленные исследования посвящены применению и внедрению в практику закономерностей изменения генетических и технологических параметров (ГОСТ 25543-2013) каменных углей кольчугинской и балахонской серий Кузбасса для выявления достоверных результатов предыдущей разведки. Это гарантирует установление марок, технологических групп и достоверный подсчёт запасов углей при постановке их на баланс недропользователя с последующим проектированием технологии разработки недр.

Вопросы, связанные с изучением особенностей проявления метаморфизма, восстановленности и их влияния на технологические свойства углей до сих пор остаются актуальными и представлены в данной работе научной проблемой. Эти обстоятельства отражаются в различии марок на отдельных участках в сравнении с марками тех же пластов в границах всего месторождения. Они возникают на участках месторождений Кузбасса, которые либо оконтурены по площади в границах всего месторождения (брахисинклинальная складка), либо отдельного участка структуры (крыло или замок складки). В этом случае важной составляющей в повышении достоверности классифицирования углей является обнаружение несоответствия результатов предыдущей разведки в контурах всего месторождения с данными для отдельного исследуемого участка, выделенного под разработку.

Проблема классифицирования углей особенно актуальна при оценке марочного состава спекающихся и коксующихся углей, т.к. важна не только правильно присвоенная марка, но и соответствие технологической группе. Для коксующихся углей это подтверждается лабораторным коксованием. В этой совокупности правильное определение показателей отражения витринита (R_o, r), выхода летучих веществ (V^{daf}) и толщины пластического слоя (y) в углях, по

которым устанавливается их класс, тип и подтип становится ключевым моментом в классифицировании углей по простиранию, падению пластов.

Таким образом, актуальность данной работы определяется необходимостью повышения количества достоверной информации о качестве углей сырьевой базы предприятия, определения достоверных технологических марок и групп углей в соответствии с ГОСТ 25543-2013. Это напрямую влияет на финансовое положение предприятия, для привлечения инвестиций по организации добычи углей, пригодных для производства металлургического кокса.

Работа будет способствовать ликвидации негативной практики, когда недропользователь уделяет мало внимания количеству классификационных показателей на выбранном поле для достоверного установления марки и уверенного выделения зоны и границы перехода марок и технологических групп в установленных лицензионных границах.

Объектом исследования являются угли балахонской и кольчугинской серии Кузбасса на участках Талдинский, Новоказанский, Кыргайский Ерунаковского месторождения, угли на участках Тайбинском, Акташском Киселевского месторождения, а также угли месторождений Бачатское и Краснобродское, расположенных на территории Кемеровской области – Кузбасса в Сибирском Федеральном округе. По указанным месторождениям выполнен значительный объем разведочного бурения, систематизированы данные эксплуатационных работ и получены новые данные по угленосности и качеству углей. Балансовые запасы исследуемых месторождений перспективны для добычи на несколько десятков лет, а по полученным данным возможно детальное прогнозирование генетических и технологических свойств пластов угля на глубоких горизонтах и смежных участков для дальнейшего планирования и развития горных работ. Результаты исследований позволяют более достоверно оценить ресурсную базу предприятия по маркам, технологическим группам углей для рационального направления использования углей. Поученные подтверждения марочного состава по данным эксплуатационных работ действующих предприятий служит

доказательством эффективности применяемой методики при исследовании свойств углей и подсчете запасов по маркам углей.

Цель работы и задачи исследования. На основе зависимости между классификационными показателями разработать метод выделения блоков по маркам для подсчёта запасов углей и процедуру их дифференцирования по маркам, группам и подгруппам при формировании сырьевой базы недропользователя в границах лицензионного участка. Исходя из цели, были поставлены следующие задачи:

Задача 1. Обобщение материалов по изучению качества и свойств углей месторождений Кузнецкого бассейна. Проведение систематизации геологического материала предыдущих исследований на основе анализа нормативно-технической документации, направленной на обеспечение достоверного выделения марок углей на каждом исследуемом участке.

Задача 2. Изучить закономерности изменения качества, мацерального состава и метаморфизма, восстановленности и марочного состава каменных углей, оценить степень влияния метаморфизации углей на их марочную и технологическую изменчивость и особенности проявления степени восстановленности углей по пластам с помощью ИК спектроскопии диффузного отражения.

Задача 3. Изучить характер взаимосвязей между классификационными показателями ГОСТ 25543-2013 ($R_{o,r}$, ΣOK , V_{daf} , y) предшественников для получения уравнений зависимостей между $R_{o,r}$ и V_{daf} на основе математических расчётов в качестве межметодного контроля.

Задача 4. Разработать алгоритм расчёта количества опорных точек и плотности разведочной сети, обеспечивающих выделение границ по изменению класса угля, установления границ по изменению типа и подтипа углей, для подсчёта их запасов по технологическим маркам и группам ГОСТ 25543-2013 и определению направления использования углей в разных технологиях их переработки и использования, особенно в производстве металлургического кокса. Показать на

конкретных примерах использование данного алгоритма для количественного подсчёта запасов углей в блоках по маркам.

Задача 5. Выявить особенности распределения углей марок и технологических групп в запасах на участке разработки, оценить изменчивость выхода летучих веществ, толщины пластического слоя, индекса Рога, индекса свободного вспучивания и показателя пластичности по Гизелеру с генетическими показателями для формирования сырьевой базы и получения товарной угольной продукции с заданными параметрами качества и свойств.

Фактический материал и методы исследования. Основу работы составляют научно-практические результаты исследований углей автором на участках различного геологического строения в качестве главного геолога угольной компании с 2010 по 2022 год. Опыт работы внештатным экспертом ГКЗ и обучение в аспирантуре ТПУ дали возможность проанализировать объем фактического материала по угленосности пластов более 30 лицензионных участков. Разобраться в причинах слабой изученности углей отдельных участков недр, изучить качество и технологические свойства углей Кузбасса, а также выявить особенности их оценки для эффективного использования на внутреннем и внешнем рынках.

С участием автора проводилась подготовка геологических отчетов к защите в ГКЗ месторождений: Прокопьевско-Киселёвское (участки Основное поле шахты Тайбинская и Акташский), Талдинское (участки Отвальный глубокий 1 и 2), Казанковское (участок Новоказанский 2), и экспертная переоценка запасов на участках месторождений: Сарбалинское (Сарболинский Глубокий), Ленинское (Кировский Глубокий), Кыргайское (Кыргайский Южный), Увальное (Увальный и Увальный Глубокий), Жерновское, а на Бачатском и Краснобродском разрезах в экспертизе качества и свойств угольных пластов для формирования сырьевой базы недропользователя.

Результаты исследования опираются анализы углей по пластам более 2000 проб. Положения и выводы обеспечиваются представительным объёмом выборок

экспериментальных данных на лицензионных участках «Отвальный Южный 1 и 2», «Отвальный Южный 2 Глубокий», «Новоказанский 2», «Поле шахты Тайбинская», «Акташский», полученных путём проведения геологоразведочных работ на предприятиях ООО «Разрез Южный», ООО «Ресурс», ООО «Инвест-Углесбыт». Под руководством автора фактический материал получен при опробовании угольных пластов, пропластков и их контактов с кровлей и подошвой в скважинах колонкового бурения (8 скважин на участке Тайбинский, 16 – на участке Отвальный Южный 2 Глубокий, 12 опорных скважин на участке Новоказанский). Бороздовым способом осуществлялся отбор проб из забоев (581 проба). Пластово-дифференциальные пробы отбирались в рамках задач эксплуатационной разведки и производственных нужд компании. Минимальная мощность опробования составляла 0,05 м. для неоднородных по строению пластов. Для пластов однородного строения пробы отбирались мощностью не более 1 м. Углехимические и углепетрографические исследования проб углей проводились в лабораториях SGS, ЗСИЦ, СибНИИУглеобогащение (Прокопьевск). Углепетрографические и ИК спектрометрические исследования проводились в лаборатории ОООВНИЦуголь (Новокузнецк) и в лаборатории литологии и углепетрографии ТПУ на комплексе АПК «Спектротест» (256 проб). Отобранные из горных выработок 32 большевесные пробы угля были прококсованы в лабораторной печи (навеска пробы 2 кг) в Кузнецком центре ВУХИН (Новокузнецк). Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ MS OfficeExcel. Обработка карт выполнена с помощью программных продуктов AutoCad, Micromine.

Положения, выносимые на защиту:

1. На основе уравнений зависимости между классификационными показателями: отражательной способностью витринита, выходом летучих веществ, толщиной пластического слоя, с учётом характера проявления восстановленности в угольных пластах отложений кольчугинской и балахонской

серий Кузбасса, разработаны ограничительные величины для установления направления использования углей.

2. Разработан алгоритм расчёта количества опорных точек и плотности разведочной сети, обеспечивающий выделение границ и блоков по маркам, установление зон изменения марочных углей и направления их использования для пересчета запасов при постановке на баланс недропользователя.

3. Обоснована процедура дифференциация углей по маркам, группам и подгруппам в границах участка разработки, позволяющая сформировать сырьевую базу недропользователя для получения товарной продукции с заданными свойствами и параметрами качества.

Научная новизна исследования:

1. Доказано впервые на практическом опыте, что на основе уравнений зависимости между классификационными показателями: отражательной способностью витринита, выходом летучих веществ, толщиной пластического слоя, с учётом характера проявления восстановленности в угольных пластах отложений кольчугинской и балахонской серий Кузбасса выделяются ограничительные величины, которые позволяют, аргументировано определять направления использования углей.

2. Впервые обоснован разработанный алгоритм определения достоверности генетических и технологических свойств углей в границах лицензионного участка и применения стратиграфического, вертикального и горизонтального градиентов показателя R_o, r при построении блоков по маркам позволяет рассчитать оптимальное количество опорных точек и плотность разведочной сети для пересчета запасов при постановке на баланс недропользователя.

3. В практику работ внедрена новая процедура дифференциации углей по маркам, группам и подгруппам в границах участка разработки, позволяющая сформировать сырьевую базу недропользователя для получения товарной продукции с заданными свойствами и параметрами качества.

Теоретическая и практическая значимость работы. Предложены научно-практические решения проблемы изучения качества углей в границах лицензионных участков. Установление зон углей с устойчивыми параметрами для марок углей и технологических групп и обеспечение данными по угольной сырьевой базы недропользователя. Разработаны научно-практические предложения для решения задач, связанных с изучением в границах участка углей двойного назначения в зонах с устойчивыми параметрами для их маркирования и углей с переходными свойствами, обуславливающих их пограничные значения по спекаемости и коксуетости. Их применение обеспечивает правильный выбор направления использования углей и проведение детализации границ переходных зон с распространением углей по маркам. В целом рекомендации направлены на создание достоверных баз параметрических данных углей для объективного построения 3D модели месторождения.

Достоверность защищаемых положений подтверждается представительностью фактического материала, большим количеством проб, отобранных на 13 геологических объектах, с применением современных методов исследований. Проведением значительного объема химико-петрографических анализов, их подтверждением данными эксплуатационных работ, где проводилось внедрение методики. Использованием новейших компьютерных программ для обработки полученной информации и статистических расчётов, с определением степени взаимосвязи между значениями генетических и технологических параметров углей.

Апробация работы и публикации. Основные положения и результаты исследований докладывались на V Международной научно-практической конференции «Перспективы инновационного развития угольных регионов России» (Прокопьевск, 2016), IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы географии и геологии» (Томск, 2017), VII Международном Российско-Казахстанском симпозиуме «Углекислотная химия и экология Кузбасса» (Кемерово, 2018), Международных

симпозиумах студентов и молодых ученых «Проблемы и освоения недр» (Томск, 2017-2020), Объединенном семинаре ФБУ «ГКЗ» и ЦКР-ТПИ Роснедра «Совершенствование государственной экспертизы запасов и согласования технических проектов разработки месторождений ТПИ» (2019), Конференции ГКЗ «Обеспечение рационального недропользования в интересах государства. Вопросы экспертизы ТЭО кондиций и подсчета запасов месторождений угля и золота» (2021).

Защищаемые положения диссертационной работы изложены в 17 публикациях, в том числе: 7 статьях в рецензируемых журналах, из них 2 индексируемые в Scopus и WoS.

Результаты исследований марочного состава и направления использования углей легли в основу геологических отчетов с переоценкой запасов по предприятиям УК «Ресурс» и ООО «Инвест-Углесбыт». Геологические материалы успешно прошли государственную экспертизу и были утверждены балансовые запасы.

Личный вклад автора. Автором были выполнены и описаны в научных статьях: разработка подходов к построению марочных блоков на угольной толще; разработка и внедрение способа заложения опорных точек для отбора проб при проведении разведки и детального изучения рабочих угленосных пластов на лицензированных участках угледобывающего предприятия; внедрение метода выделения марочных блоков для подсчета запасов на основе технологических групп при проведении геологоразведочных работ и подсчёте запасов углей на лицензионном участке «Основное поле шахты Тайбинская» Прокопьевско-Киселёвского месторождения. Автор принимал непосредственное участие в проведении геологических работ на месторождениях Кыргайское (уч. Кыргайский Южный), Прокопьевско-Киселёвское (уч. Основное поле шахты Тайбинское и Акташские), Талдинское (уч. Отвальный глубокий 1 и 2), «Отвальный Южный 1 и 2», «Отвальный Южный 2 Глубокий», «Новоказанский 2», «Поле шахты Тайбинская», «Акташский» Кузнецкого бассейна. Выполнял планирование ГРП и

определение мест отбора проб, производил отбор проб с доставкой в исследовательские лаборатории, выполнял математическую и статистическую обработку данных, их аналитическую и геологическую интерпретацию. Апробация отдельных элементов метода реализована на участках недропользования УК «Ресурс» и в учебном процессе студентов ТПУ при выполнении дипломных работ.

Благодарности. Особую благодарность автор выражает научному руководителю профессору д.г.-м.н. В.П. Иванову. За научно-методическую помощь преподавателям отделения геологии ИШПР ТПУ. За возможность апробации работы руководителям ООО «Ресурс» Дробину В.В. и ООО «Инвест-Углесбыт» Смирнову С.А.

ГЛАВА 1. СУЩЕСТВУЮЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ИЗУЧЕНИЯ УГЛЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА УГЛЕЙ ДЛЯ ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ ПО МАРКАМ

При выборе лучших участков для лицензирования наиболее благоприятных для отработки угольных пластов месторождения, безусловно, учитывается достоверность предыдущей разведки, которая, как правило, была проведена в советский период. Основой для принятия решения в части подготовки углей к эксплуатации служат подсчитанные запасы по пластам и маркам. На практике, довольно часто, недропользователь не принимает во внимание количество анализов классификационных показателей, принятых для оценки марочного состава углей по ГОСТ 25543- 2013, и пределы их значений на выбранном поле, которых порой недостаточно, чтобы уверенно ставить марку и выделять зоны и границы перехода марок и технологических групп в лицензионных границах.

Это происходит под влиянием установок собственника в целях экономии финансирования разведки в границах участка, поэтому предприятие принимает на баланс запасы, представляющие собой «белые пятна» по изученности генетических и технологических свойств углей на эксплуатационном объекте. В последующем, из практики известно, это негативно сказывается не только на продаже конечного продукта технологического цикла угледобывающего предприятия, но создаёт проблемы с надзорными и контролирующими органами. Всё это происходит на фоне снижения конкурентоспособности Кузнецких углей на мировом рынке.

В тоже время существующая проблема обуславливает поиск новых решений при проведении геологоразведочных работ, которые бы способствовали выделению среди коксующихся углей особо ценных марок для производства кондиционного кокса на коксохимических заводах (Охотников и др., 2017; Иванов, 2018, 2021). В связи с этим периодически проводится поиск оптимального изучения качества и свойств углей с последующим выделением

марок в границах лицензионного участка и подсчёта запасов по пластам, маркам, увязывая с данными по месторождению.

В частности, наблюдаются отклонения от методических рекомендаций ГКЗ (МР ГКЗ по классификации запасов), обязывающих, например, недропользователя проводить лабораторное или полупромышленное коксование углей для выделения марочных углей, пригодных для слоевого коксования. Автор (Охотников, 2019) отмечает, что это необходимо для определения доли участия углей в шихте и выявления в них спекающих и отошающих свойств по всем маркам.

В ходе производственной деятельности автором установлено, что не только угленосная толща в пределах лицензионного поля, но и отдельные пласты, а также часть пласта, представляют наибольший интерес при селективном извлечении и в комплексе повышения рентабельности предприятия. Это случается когда есть дополнительная информация о качестве углей, как в рамках сырьевой базы предприятия, так и поиске перспективных участков. По этой причине обозначенная тема диссертации является чрезвычайно актуальной на фоне постоянно меняющихся мировых цен на уголь, особенно в долгосрочной истории окупаемости угледобывающего предприятия, потому что в период снижения мировых цен оно имеет риск попасть под банкротство.

Равным образом не уделяется внимание не качественному опробованию пластов или распределению и количеству необходимых проб по площади и глубине залегания пластов в процессе подготовки и эксплуатации угленосных отложений на действующих предприятиях в границах лицензий для выделения коксующихся углей, пригодных для производства металлургического кокса. Это влияет на оптимизацию углей по генетическим и технологическим показателям при подсчёте запасов углей по маркам и технологическим группам, а в целом приводит к недостоверности запасов по маркам и коксующим свойствам, сокращая сырьевую базу углей пригодных для коксохимического производства в виде ценной угольной продукции.

В довершение всего, изложенное выше подтверждается многолетними наблюдениями. Автор (Охотников и др., 2017) считает, что в годы стабильно высоких цен, предприятие должно создавать задел на цикл кризиса, проводя геологические мероприятия, опираться на методические рекомендаций ГКЗ (МР ГКЗ по классификации, МР ГКЗ по обоснованию кондиций, 2007), использовать рекомендации экспертных организаций (МР ОЭРН по количественной оценки 2011, МР ВИМС по ресурсам 2006). Как результат, это позволяет спокойно пережить ему периоды снижения объёмов добычи, не снижая рентабельность.

Из сказанного важным является то, что такой подход способствует доскональному знанию об изменчивости качества и свойств угленосных пластов в пределах осваиваемого участка и на перспективных прилегающих площадях. Своей работой автор предлагает, разработанные им методы и подходы, также использовать с указанными документами, что гарантирует возможность повышения достоверности получаемых данных о марочном составе добываемых углей, а выявление и использование пространственных закономерностей качества углей по площади и разрезе угленосной толщи, позволяют делать уточненные расчёты технологической ценности ресурсной базы предприятия.

1.1. Законодательная и нормативно-методическая обеспеченность в системе государство-недропользователь и проблематика их применения

В условиях рыночной экономики проведение геологоразведочных работ сохраняет черты плановой системы, но в балансовый учёт разведанных запасов внесены новые элементы, которые обусловили возникновение ряда проблемных моментов и отмечены в работе (Плаkitкин и др., 2014, 2019) и отражены в нормативных документах: Методика для определения коэффициентов технологической ценности угольного сырья, используемого в РФ для производства кокса, ВУХИН (2009), Методические рекомендации по дифференциальной идентификации углей, полукоксов и коксов группы 27,

позиции 2701, 2702 и 2704, субпозиции 2701 11, 2701 12 ЕТН ВЭД России, ВУХИН (2011), Постановление Правительства РФ № 486 от 20.06.2011 года.

Во-первых, появилось новое деление недр – лицензионные участки для недропользования (Постановление Верховного Совета РФ №3314-1 от 15 июля 1992 года), границы которых часто не совпадают с границами разведанных ранее геологических участков, то есть изменился принцип районирования. Это связано с заменой на стадии разведка этапа доразведки на этап эксплуатационная разведка, при этом уточнения и четких рекомендаций (МР ГКЗ по классификации) по оценке качества и свойств углей не последовало.

В большинстве случаев участок лицензирования становится частью геологического участка для пользования недрами, несмотря на это, передача части запасов недропользователю, обозначенных лицензией, с государственного баланса обозначена в методических рекомендациях ГКЗ в общих чертах. В частности, процедура уточнения марки и технологических групп размыта, как следствие детализация геологического строения участка без соответствующих указаний в части проведения исследований по выявлению особенностей качества и технологических свойств угольных пластов приводит к не подтверждению марочного состава и направления использования после проведения ГРР в границах лицензии.

Во-вторых, по условиям передачи недропользователю запасов в границах лицензионного участка для постановки на его баланс и для последующей разработки недр, он обязан провести геологоразведочные работы (ГРР), но регламенту учитывающий эту особенность отсутствует. В классификации стадий геологического изучения предусматривается этап «Эксплуатационная разведка», где предусматриваются только опережающие и сопутствующие геологоразведочные работы. По всей вероятности, геологоразведочные работы в границах лицензионного участка следовало бы рассматривать как опережающие, а точнее, как предэксплуатационные ГРР, но в нормативных документах этот аспект тоже никак не обозначен. В 2016 году в этом направлении была

организована дискуссия по вводу Новой классификации запасов и ресурсов и она прошла обсуждение геологов по разным видам полезных ископаемых. Однако по каким-то причинам она до сих пор не принимается в практику, а именно в ней предусматривалась стадия «Разработка», для которой основанием являлся «Технический проект разработки», а объектом учёта становились «извлекаемые запасы».

В-третьих, введённые в 2011 году ставки налогообложения за пользование недрами по маркам (Постановление Правительства РФ № 486 от 20.06.2011 года) не согласуются с технологической специализацией коксующихся углей и их ценностью. При формальной изученности качества и свойств углей пластов под разработку, указанный аспект влияет на текущий учёт угольных запасов при их движении в общем балансе недропользователя. Указанные факторы не всегда им принимаются во внимание ни при проектировании разведочных работ в границах лицензионного участка, ни впоследствии, на этапе постановки запасов на свой баланс, поэтому плата за недра по маркам становится предметом разбирательства, так как запасы недропользователя по марочному составу не согласуются с классификацией НДПИ.

Возникновение этих проблемных моментов обусловлено причинами: отсутствие достоверности установления марочного состава углей и направления использования, затруднение в формировании сырьевой базы и выделения в ней ценных углей для глубокой переработки. Рассмотрим сложившиеся обстоятельства и создающие их причины.

Согласно методическим рекомендациям ГКЗ при проектировании ГРР установление марки угля и направления использования, которые необходимо подтверждать существующими и новыми лабораторными испытаниями углей для оценки коксующих свойств. Эта рекомендация не всегда выполняется недропользователем, он использует старые сведения о коксуемости углей не соответствующие современным требованиям КХП. Это становится причиной недостоверности направления использования углей и приводит к не правильному

формированию номенклатуры товарной продукции добычи, по сути, подсчитанные запасы опираются на искажённую специализацию углей. Из практики работ известно (Иванов, 2013), что ископаемые угли и добычные угли различаются, а поэтому ГОСТ 25543-2013 предусматривает маркировку углей в процессе разработки угленосных пластов. В результате проведённые ГРР в границах лицензии становятся формальностью при передаче запасов на баланс недропользователя и полученные сведения не повышают достоверности о генетических и технологических свойствах углей пластов и их распространения в границах лицензионного участка.

Формальное применение ГОСТ 25543-2013 для установления марки угля пласта или марки смеси пластов при совместной разработке является причиной не полного понимания ресурсной базы угольного предприятия. Точнее, не полностью используется потенциал классифицирования углей, заложенный разработчиками стандарта, как и сами особенности унификации углей разных бассейнов, отражённые в нём в виде марок и технологических групп. Несомненно, создатели единой промышленно-генетической классификации совершили большой научный прорыв. Научная обоснованность положений классификации получила международное признание. Именно советская классификация (Волкова, 2004) стала базовой основой в разработке Международной классификации углей и был выполнен большой объем научно-организационной работы коллективами петрографов, технологов, углехимиков, энергетиков ведущих институтов России, Украины и Казахстана.

Отметим, что в основу стандарта классификации углей - ГОСТ 25543, положены многочисленные исследования ВНИГРИ в виде отчёта НИР «Разработать критерии и методические рекомендации по переоценке углей в соответствии с ГОСТ 25543-82» (Вялов и др., 1986). После обобщения разных исследований (Еремин и др., 1995) именно они стали основой в справочнике «Марочный состав углей и их рациональное использование». В этом документе отмечаются два основополагающих принципа для достоверной маркировки: 1)

обеспечить необходимый полный комплекс исходных параметров для маркировки; 2) обеспечить рациональную плотность сети опробования угольных пластов. Создатели стандарта учитывали то обстоятельство, что угли разных бассейнов различаются не только по мацеральному составу, но и по степени их восстановленности, которая обусловлена разными условиями углеобразования и угленакопления.

Эту особенность, восстановленность углей (Сарбеева, 1968), было решено оценивать в стандарте комплексно через показатель отражения витринита (R_o,r) и толщину пластического слоя (y). Однако на момент создания стандарта данных о характере образования восстановленности было недостаточно. Оказалось, что по наличию флористической восстановленности (Иванов и др., 2015) угли Донецкого, Печорского, Карагандинского и Кузнецкого бассейнов сильно различаются. Этот аспект часто выражается в сложности установления марок ГЖО, КСН, КЖ, ОС из-за ограничительной величины показателя y - спекающей способности углей, для данных марок. Этот нюанс также отмечается в работе «Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса» (Ерёмин и др., 2001) при маркировке низкометаморфизованных балахонских и кольчугинских углей Кузнецкого бассейна.

Следует понимать, что специализация углей по направлениям использования, заложенная в (ГОСТ 25543-2013) опиралась на существующие технологии и производства СССР и об этом изложено подробно в главе 5. При введении стандартизации углей по техническим условиям Печорского бассейна и Восточной Сибири (ГОСТ 32353-2013, ГОСТ 32991-2014) кроме деления их на коксующиеся и энергетические угли, как это сделано для углей Кузнецкого бассейна, в данных стандартах предусматривается энерготехнологическое направление использования. Возник технический абсурд из-за отсутствия этого направления для углей Кузнецкого бассейна, потому что марочные слабоспекающиеся угли (ДГ, ГЖО, СС) широко используются как энерготехнологические угли. По данным на 01.01.2022 г. доля кузнецких углей в

сырьевой базе коксования РФ достигла 80% и часто в ней участвуют указанные угли путём подмешивания к коксующимся углям.

К перечисленным проблемам можно отнести деление углей на типы и сорта. Стандарт (ГОСТ 17070-2014) устанавливает термины и определения понятий, относящиеся к генетическим типам и видам углей, однако виды указаны, а типы отсутствуют. Стандарт (ГОСТ 25543-2013) предусматривает деление углей на тип: бурые, каменные и антрациты. Рассмотрим это как некую особенность твёрдых полезных ископаемых – руд и углей.

При делении руд на типы осуществляется по разным признакам (генетическим, структурно-текстурным, извлекаемости металла и т. д.), на сорта в зависимости от технологических (технологический сорт) и от качественных (бедные, средние и богатые) характеристик руды. При делении углей по маркам в основном используются генетические признаки: стадия метаморфизма и мацеральный состав, по технологическим группам применяются признаки: степень углефикации и наличие спекаемости или её отсутствие. Видно, что существенное различие между делениями руд и углей отсутствует, а именно, под типом понимается генетические особенности, а под сортом технологические и качественные различия. Поэтому для углей вполне применимо тип угля – марка, сорт угля – технологическая группа.

Итак, обозначенные обстоятельства недропользования в угольной отрасли дополнительно усугубляются изменчивостью геостратегических условий для РФ, они существенно влияют и на стратегические планы развития горногеологической отрасли страны. Например, постоянное увеличение или сокращение рынка экспорта углей часто обуславливает необходимость внесения коррективов в стратегию планируемых горных работ и их развития при разработке угольных запасов в границах лицензии. Наличие обозначенных причин лишь затрудняют маневрирование и смягчение влияния кризисов как на недропользователя, так в целом на угольную отрасль. Сюда надо добавить повышение требований к товарной угольной продукции для производства металлургического кокса и углей

на экспорт, доля которых составляет 40 % от общего производства. Поэтому недропользователи осознают необходимость в создании сырьевой базы на основе подсчитанных и утверждённых запасов в границах участка лицензии и обоснованное выделение среди них особо ценных углей. Но этот аспект остаётся методически не решённым, а существующая рыночная политика не стимулирует недропользователя в процессе проведения ГРР на выделенном участке к поиску высоколиквидных углей, в частности, энерготехнологических углей на многих месторождениях Кузбасса. Поэтому введение в эксплуатацию новых участков сопровождается практикой проведения слабой разведки в области изучения качества и особенностей генетических свойств углей. В совокупности это приводит к несоответствию достоверности марок и технологических групп в подсчетных блоках категории разведанности.

Таким образом, обозначенная проблематика и сложившиеся обстоятельства указывают на необходимость в проведении более детального критического анализа для раскрытия потенциала классифицирования, заложенного в ГОСТ 25543-2013. Это касается практического применения существующих закономерностей качества и свойств каменных углей кольчугинской и балахонской серий Кузбасса. В первом приближении видно, что есть предложения по детализации параметров классифицирования углей в процессе ГРР. Особенно это касается применения технологических групп при формировании сырьевой базы недропользователя и планировании добычи. Направленное создание угольной продукции с заданными свойствами в обусловленных параметрах марки ведёт к успешной её реализации, как в промышленности, так и в энергетике.

1.2. Отечественная система классифицирования углей и запасов

Российская система классификации запасов базируется на методической основе, разработанной в СССР. Она используется в других странах, особенно в

Польше и Китае. Система состоит из двух осей координат, абсцисса справа налево показывает повышение степени изученности запасов, а ордината снизу-вверх показывает повышение возможности экономически эффективного использования запасов (таблица 1.1). Эта система очень схожа с системой классификации USGS, которая имеет те же принципы в основе подсчета и выявления запасов.

Российское горное законодательство (Сборник международных горных кодексов, 2015) определяет месторождение полезных ископаемых как природную или искусственную концентрацию полезного ископаемого, эксплуатация которого может принести экономическую выгоду. Термин «запасы» включают «выявленное количество полезного ископаемого, часть которого может быть экономически эффективно извлечена». В этом документе сохранились фундаментальные основы методики разведки: расширение географии и объема ресурсного потенциала, анализ и оценка достоверности разведки, обоснование оптимальных соотношений категорий запасов в различных геологических условиях, разработка методических руководств, в том числе по оценке запасов разных категорий, изучение качества угля и горно-геологических условий будущих эксплуатационных работ.

Таблица 1.1 – Классификация запасов полезных ископаемых, используемая в России

	Степень детальности геологической разведки ←						
	Геологические ресурсы						
	Разведанные запасы			Предварительно оцененные запасы	Прогнозные ресурсы		
	A	B	C ₁	C ₂	P ₁	P ₂	P ₃
Возможность экономически выгодного использования ↑	Балансовые запасы (экономические)						
	Забалансовые запасы (потенциально экономические)						

Кратко о систематизации углей по отдельным параметрам, характеризующие их различие по составу и свойствам. Первая классификация - «техническая классификация», разработана в 1929 году для углей Донецкого бассейна. Классификационные показатели: выход летучих веществ и характеристика нелетучего остатка после сгорания органического материала угольного вещества. В 1941 году вводится ГОСТ 1280-41 для донецких углей и углей Кузнецкого, Карагандинского, и Кизеловского бассейнов, с актуализацией в ГОСТ 1280-48, где угли указанных бассейнов подразделялись на марки и технологические группы по выходу летучих веществ и толщине пластического слоя. Целевая направленность стандарта – это выделение углей пригодных для коксования. Кроме него существовали бассейновые стандарты для каменных углей бассейнов и месторождений в виде отдельных классификационных стандартов, они неоднократно уточнялись и пересматривались.

Существовали бассейновые методики разведки угольных месторождений, которые содержали лишь основные положения постановки геологоразведочных работ (ГРР) с учётом особенностей углеобразования бассейнов. В 2007 году разработаны единые документы (МР ГКЗ по классифицированию запасов, МР ГКЗ по обоснованию кондиций), которые в настоящее время являются основными документами при проведении ГРР.

1.3. История изучения генетических свойств углей

Генетические свойства (мацеральный состав и степень метаморфизации) являются определяющими в классифицировании углей, и это хорошо освещается в 6-ти томном справочнике (Угольная база России т. 1, 6, 2004 г.). В нём особо отмечаются работы П.И. Степанова (1947) и Ю.В. Степанова (1980) в части создания теории поясов и узлов угленакопления и закономерностей преобразования органического вещества. Работы по исследованию вещественного состава углей развивались в тесной связи с потребностями страны в твердом

топливе с оценкой качества углей. В 1927 году практически одновременно были организованы углепетрографические лаборатории в Ленинграде при Геолкоме под руководством Ю.А. Жемчужникова и в Томске под руководством И.И. Аммосова (Жемчужников, 1960). В 1937 году был издан Атлас типов углей СССР (Ю.А. Жемчужников, З.В. Ергольская), в 1957 году издаётся книга «Петрографические типы углей СССР» (под руководством А.А. Любер). В последующие года выходит ряд книг участием углепетрографов: И.Э. Вальц, А.И. Гинзбург, Е.С. Корженевская, Л.И. Сарбеева и др. Перечисленные учёные по сути, являются основоположниками советской углепетрографии.

В теорию образования углей большой вклад внесли учёные института ВНИГРИуголь А.И. Егоров, В.П. Бабенко, В.И. Вялов и др. В частности, это детальное изучение типов углей, первичных условий угленакопления, исходного растительного материала и эволюции угольного вещества в процессе углефикации (История геологического изучения угольных бассейнов, 1976). Особое внимание заслуживает монография (Бабенко, 1989) по обобщению и систематизации угленосных отложений основных бассейнов на основе накопленного материала до 1985 года, который был использован при разработке критериев (ГОСТ 25543-88).

Одновременно в ИГИ и ИГиРГИ под руководством И.И. Аммосова и И.В. Еремина разрабатывались государственные стандарты по определению микрокомпонентов методами количественного анализа и их использованию для оценки коксуюемости, обогатимости углей, создана шкала стадий метаморфизма. В 80-е годы И.В. Еремин внедряет оценку коксуюемости углей по петрографическим показателям в виде показателя ΣOK (сумма отошающих компонентов) и показатель отражения витринита (Ro, r) для определения степени метаморфизма. С внедрением углепетрографического анализа углей в угольную промышленность, он создаёт систему кодификации углей на основе их классифицирования.

В это же время в Печорском, Кузнецком, Донецком бассейне, а также на Дальнем Востоке и в Средней Азии, организована сеть углепетрографических лабораторий. Ведутся масштабные работы по углепетрографии и углехимии в институтах – ВУХИНе, УХИНе, КузНИИ, в вузах Екатеринбурга, Ленинграда, Московском, Томском, Ростовском на кафедрах проводится преподавание угольной геологии.

В целом, огромный коллектив советских и российских углепетрографов внес большой вклад в изучение качества, марочного состава и технологических свойств углей СССР и России. Специалистами выявлено и показано всё разнообразие углей по петрографическому и марочному составу, и благодаря этому, была создана современная база данных по всем крупным бассейнам и месторождениям России, что, несомненно, стало частью богатства страны.

1.4. Основная направленность и особенности классифицирования углей

Многообразие типов ископаемых углей и различный подход к изучению их состава и свойств предопределили разработку многочисленных классификаций. По назначению и содержанию классификации могут быть подразделены на генетические и промышленные, некоторые классификации сочетают в себе обе группы. Выделение основных моментов в данной работе сделано опираясь на справочную литературу (Угольная база, Т.6, 2004, Миронов, 1977, 1991 г. г.; Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР, 1978), в которых изложен подробный обзор классификаций.

Генетические классификации определяют место ископаемых углей среди прочих горючих ископаемых, а также их технологические различия с учётом исходного материала, геологических факторов углеобразования, петрографических и геохимических особенностей. Такие классификации позволяют систематизировать многообразие ископаемых углей и увязать

технологические свойства углей с их генетическими особенностями. Среди генетических классификаций выделяются:

1) Собственно генетические. В основу положено различие петрографического состава углей в зависимости от исходного материала и процессов преобразования органического вещества в начальной стадии углеобразования (Ю.А. Жемчужников, Н.М. Крылова, П.П. Тимофеев и Л.И. Боголюбова, И.Б. Волкова, и др.);

2) Химико-генетические. В их основе лежат химические превращения органического вещества при углеобразовании (Г.Л. Стадников, В.И. Касаточкин, Н.Д. Русьянова, и др.);

3) Промышленно-генетические. В них отражена зависимость технологических свойств углей от основных генетических параметров (В.В. Видавский, И.И. Аммосов, И.В. Ерёмин, Г.К. Хрусталёва и др.).

Промышленные (потребительские) классификации разрабатывались для технологической группировки углей применительно к требованиям промышленности и исходя из исторически сложившегося опыта применения углей. Направленность таких классификаций: нормирование качества для различных видов потребления, планирования добычи угля и создания резерва дальнейшего ее развития (Стуков и др. 1990; Иванов, 2015; Эпштейн, 2009). Промышленные классификации углей учитывают деление углей на бурые, каменные и антрациты, на марки и технологические группы, но в них предлагается унификация углей по технологическим свойствам углей и она пригодна для конкретного месторождения (бассейна).

Существуют методические и нормативные документы разного ранга: государственные (ГОСТ), республиканские (РСТ), отраслевые (ОСТ), предприятий (СТП) для определения многочисленных показатели качества, правила отбора и обработки проб, методы их испытаний, анализа и измерений, а также установления рациональных направлений использования углей. Международные стандарты утверждаются постоянной комиссией СЭВ по

стандартизации (СТ СЭВ) и Международной организацией по стандартизации (ИСО), в том числе и на методы испытания углей, обеспечивавшие сотрудничество входящих в эти организации стран в областях товарообмена и учета данных мирового технического прогресса.

Отметим особенности классифицирования углей. История систематизации углей началась с момента установления технологических зависимостей показателей качества (зольность, теплота сгорания) от выхода летучих веществ – критерий оценки углефикации. Позже стал замеряться нелетучий остаток, образующийся после определения выхода летучих веществ. На совещании в 1929 году была принята программа Стадникова Г.Л. целевого исследованию углей, она стала дополняться различными методиками. Важный статус приобрёл пластометрический метод Д.В. Сапожникова и Л.П. Базелевич, а именно, толщина пластического слоя принята в качестве классификационного параметра для спекающихся углей (Кирюков, 1970, 1987). К 1982 году был накоплен достаточный большой материал и до 1986 года шла апробация единого стандарта для маркировки углей разных бассейнов и месторождений. Был выявлен ряд проблем по перемаркировке углей с ГОСТ 8163-79 и ГОСТ 8162-79 на ГОСТ 25543. Анализ сложности внедрения стандарта поручили провести институту ВНИГРИуголь, который выявил основные проблемы перемаркировки углей и выдал рекомендации по их устранению (Отчёт ВНИГРИуголь, 1986 г.). В отчёте были указаны некоторые аспекты унификации углей разных бассейнов, и они изложены ниже в данной главе.

С учётом рекомендаций ВНИГРИуголь и определённых дебатов с отраслевыми НИИ и ПГО основной разработчик – институт ИГИ в 1986 году вводит в практику единую классификацию ископаемых углей как основной стандарт для маркировки углей СССР – это ГОСТ 25543-88 взамен 17 бассейновых классификаций. В 1995 году Еремин И.В. и Броневец Т.М. издадут справочник «Марочный состав углей и их рациональное использование». Рассмотрим задачи, которые авторы ставили при создании данного стандарта:

- унификация углей различных бассейнов и месторождений СССР в целях возможной их взаимозаменяемости при использовании в различных технологиях и производствах;
- переход с бассейновых классификаций на единую систему маркировки углей и направления их использования;
- более точная оценка технологических свойств углей, с учетом их основных генетических свойств: мацерального состава и стадии метаморфизма;
- гармонизация отечественной классификации с международной классификацией углей;
- систематизация направлений рационального использования углей на основе единого подхода к маркировке углей;
- более правильная оценка запасов/прогнозных ресурсов углей России и СССР по единым или близким маркам.

В итоге можно констатировать, что практически все задачи были решены и в настоящее время с учётом незначительных изменений появился модифицированный ГОСТ 25543-13.

В 2022 году коллективом «Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» был разработан и введен дополнительный стандарт (ГОСТ Р 70208-2022). В нём изложены правила классификация углей по маркам и определения марочной принадлежности углей при геологической разведке и эксплуатации угольных месторождений. Рекомендации по применению классификации углей по ГОСТ Р 70207 на разных этапах производства и потребления угольной продукции шахт, разрезов, обогатительных фабрик, сортировок и других предприятий продублированы с ГОСТ 25543-2013.

На основании ГОСТ Р 70208-2022 качество углей для коксования и энергетического использования устанавливаются по следующим параметрам.

Для коксования:

- массовая доля общей влаги W_t^r , %, на рабочее состояние;

- произвольный показатель отражения витринита $R_{o,r}$ %;
- объёмная доля фюзенизированных компонентов ΣOK , %, и мацералов группы витринита V_t , %, группы инертинита I , %, и группы липтинита L , %;
- толщина пластического слоя, мм;
- выход летучих веществ на сухое беззольное состояние V^{daf} , %;
- характеристика рефлектограммы (стандартное отклонение произвольного показателя отражения витринита число разрывов);
- зольность на сухое состояние A^d , %;
- массовая доля общей серы на сухое состояние S_t^d , %;
- массовая доля хлора на сухое состояние Cl^d , %;
- массовая доля мышьяка на сухое состояние As^d , %;
- дополнительные параметры (массовая доля фосфора на сухое состояние P^d , %, индекс свободного вспучивания Sl , окисленность, химический состав золы).

Для энергетического использования:

- массовая доля общей влаги W_t^r , %, на рабочее состояние
- зольность на сухое состояние A^d , %
- выход летучих веществ на сухое беззольное состояние V^{daf} , %
- низшая теплота сгорания на рабочее состояние Q_i^r , МДж/кг, ккал/кг
- массовая доля общей серы на сухое состояние S_t^d , %
- массовая доля хлора на сухое состояние Cl^d , %
- массовая доля мышьяка на сухое состояние As^d , %
- выход класса крупности, %
- произвольный показатель отражения витринита $R_{o,r}^0$ %
- объёмная доля фюзенизированных компонентов ΣOK , %
- толщина пластического слоя u , мм
- коэффициент размолотоспособности по Хардгроу HGI
- показатели плавкости золы, °С
- химический состав золы

ГОСТ Р 70206-2022 регламентирует показатели качества при идентификации и установления требований к качеству углей и угольной продукции, подтверждения их соответствия. Также он применим в договорах и сопроводительных документах на товар при обороте продукции. Изложенные показатели качества распространяются на бурые, каменные угли и антрациты в их естественном залегании, а также в рядовом, рассортированном необогащенном, обогащенном (рассортированном и не рассортированном) виде и их смеси, промежуточные продукты, шлам, агломерированное топливо и брикеты из углей (далее — угольная продукция).

Таким образом, для проведения разведки углей ГОСТ 70208-2022 регламентирует правила применения их классификации по маркам, сама классификация углей для установления марки угля по генетическим и технологическим параметрам приводится ГОСТ 70207-2022.

Отметим, стандартом ГОСТ 25543-2013 по генетическим и технологическим параметрам определяется марка и технологическая группа угля, по ним рекомендуются направления использования с указанием технологий. Т.е. марка угля — это унифицированная единица для классификации углей по направлениям использования. В пункте 8.6 данного стандарта предусматривается следующее применение маркировки углей. В соответствии со стандартом марку, группу, подгруппу и кодовое число продуктов обогащения устанавливают по рядовому углю, поступающему на переработку. Для продуктов обогащения и рассортировки, предназначенных на энергетические цели, марку устанавливают по средневзвешенным показателям рядовых углей, планируемых к переработке.

В таблице 1 (ГОСТ 70206-2022) регламентированы показатели для определения марки угля и другие дополнительные показатели (Броновец, 1988), необходимые для кодирования угля и по согласованию с потребителем. Автором установлено, что сравнивая с ГОСТ 25543-2013, не было обнаружено принципиальных изменений по маркировке углей. Поэтому ввод дублирующего стандарта не нашёл должного применения.

Изложенный материал даёт какое-то представление об актуальности данного вопроса. Это предопределило направление исследовательской работы, но значительное влияние на выполнение исследований оказала Государственная программа развития угольной отрасли «Уголь – 2035», где в качестве приоритетной задачи стало переориентирование углей на глубокую переработку и получение качественной экспортной продукции. Внедрение метода оценки коксующих свойств углей (Иванов и др., 2016) и моделей для прогнозирования качества и свойств угольной шихты с заданными параметрами (Станкевич и др., 2015) появилась возможность на примерах углей Кузнецкого бассейна, которые обуславливают свойства угольной базы коксования России, показать новые подходы классифицирования углей.

1.5. Особенности маркировки и перемаркировки углей

Гумусовые угли, к числу которых относятся угли Кузбасса, систематизируются в виде марок, технологических групп и подгрупп (ГОСТ 25543-2013). Предполагается, что марки должны отражать некую систему понимания применения углей, в целом же, по уровню этой унификации углей показывать возможности для учёта запасов в виде дифференцирования в структуре балансового учета и сырьевой угольной базы для переработки, например отражать ценность углей.

Напомним, **марка** углей по ГОСТ 8162-79 с середины прошлого столетия до 90-х годов XX века устанавливалась по выходу летучих веществ и толщине пластического слоя (рисунок 1.1).

Марка	Группа	V, %	у, мм	петр. группа	Характер нелетучего остатка
Д		более 37		I и II	Порошкообразный, слипшийся, слабоспекшийся
Г	Г6		6-16	I и III	-
	Г17		17-25	I	-
ГЖ		31-37	6-25	I, II и III	-
Ж	1 Ж 26	более 33	26 и более	I	-
	2 Ж 26	33 и менее			-
КЖ	КЖ 14	25-31	14-25	III и IV	-
	КЖ 6		6-13	V	-
К	К 13	менее 25	13-25	III и IV	-
	К 10	17-25	10-12	IV и V	-
К 2			6-9	V	-
ОС		менее 17	6-9	III и IV	-
СС	1СС	25-37		V и VI	Порошкообразный, слипшийся, слабоспекшийся
	2СС	17-25		VI	"
Т		менее 17			"

Рисунок 1.1 – Систематизация углей по ГОСТ 8162-79

Как уже отмечалось, в период развития коксохимической промышленности страны данный подход служил для создания сырьевой базы коксующихся углей на основе Кузнецкого угольного бассейна. С учётом этого посыла закладывались основные принципы разведки угольных месторождений и разрабатывались методики для отдельных угольных бассейнов. Выдающиеся геологи-угольщики Кузбасса Пах Э.М. и Сендерзон Э.М. разработали «*Методику разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна*» (1978). В своих трудах (1959) они справедливо отмечали, что в условиях Кузбасса качество угля чаще всего выдерживается в пределах одного разведочного участка и не влияет на густоту разведочной сети. Это повлияло на детально изложенный комплекс задач и их решения при проведении разведки и набор исследований требуемого уровня оценки качества и свойств углей.

Данная методика ГРР дает понимание, от чего стали возникать проблемы на участках детализации, и почему перемаркировка угля была обыденным делом. В ней рекомендовано определение марки всегда сопровождать полупромышленным коксованием углей, чтобы принять однозначное решение по разделению их на коксующиеся и энергетические угли. В советский период для постановки на государственный баланс запасов марка угля устанавливалась (ГОСТ 8162-79) при

проведении площадной предварительной разведки, и только на некоторых месторождениях была проведена детальная разведка. Поэтому на площади с предварительной разведкой после лицензирования участка под разработку марка часто не подтверждается.

Причина в расширении перечня показателей (ГОСТ 25543-2013), по которым определяется марка: показатель отражения витринита (класс), сумма фюзенизированных компонентов (категория), выход летучих веществ (тип) и толщина пластического слоя (подтип), и по их значениям угли кодируются. Классификация стала заметно сложнее, но она позволяет расширить дифференцирование углей с 10 до 15 марок и выделять в них 21 группу. Если раньше стержневым параметром классификации являлся показатель выхода летучих веществ, то теперь это показатель отражательной способности витринита. Такое разделение углей на марки бывает затруднительно при прогнозировании её устойчивости в углях пластов в пределах одного геологического участка. Как показывает практика недропользования в современных условиях, у недропользователя всегда возникает много проблем правильного присвоения марки и часто это связано с выбором схемы опробования.

Как правило, это проблема носит локальный характер, но в условиях, когда лицензионный участок достаточно небольшой относительно геологическим меркам, данный факт может кардинально повлиять на его стоимость и ценность. Даже проведенный комплекс ГРП не гарантирует надежное соответствие марочного состава и направления использования угольных пластов их категорийности, если не обеспечивать равномерное и надежное опробование классификационных показателей по сети разведочных выработок. Особенно это актуально для определения границ распространения ценных коксующихся марок.

Поэтому требуется перемаркировка углей и понимание этой проблемы, которая хорошо изложена в отчёте «Разработать критерии и методические рекомендации по переоценке углей в соответствии с ГОСТ 25543-82» (отв. исп. Вялов В.И.). Наиболее важные рекомендации приведены ниже. Главным же

отличием единого стандарта от бассейновых стандартов является возможность широкого применения взаимосвязей химико-технологических характеристик. Это отмечается в работе «Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса» (Ерёмин и др., 2001). Авторы обращают внимание, что необходимо учитывать основные геолого-генетические факторы углеобразования, в частности восстановленность углей.

1.5.1 Особенности применения ГОСТ 25543-2013

Стандарт распространяется на неокисленные бурые, каменные угли и антрациты стран, входящих в состав Содружества независимых государств, и классифицирует их по видам, классам, категориям, типам, подтипам и кодовым номерам, по которым в зависимости от их технологических свойств и генетических характеристик объединяют в марки, технологические группы и подгруппы. Поэтому суть данного стандарта – *это выделение по классификационным параметрам наиболее характерных общих признаков генезиса углей и их технологической специализации, а именно объединение по спекающей способности.*

Основные принципы маркирования углей изложены в разделе 8 ГОСТ 25543-2013. В п. 8.1 отмечается, что в зависимости от их технологических свойств и генетических характеристик бурые, каменные угли и антрациты объединяют в марки, технологические группы и подгруппы, а в таблице 11 приведен полный перечень классов, категорий, типов и подтипов, входящих в каждую марку, группу или подгруппу. Это позволяет однозначно определить марку, группу или подгруппу практически для любого угля.

На практике при определении марки, группы, подгруппы учитываются нормативные погрешности, связанные с методикой определения отдельных классификационных показателей. На правильность определения марки, группы, подгруппы влияют не нормативные погрешности, связанные с опробованием и

видом пробы углей, поэтому, особенно это касается каменных углей, авторы работы (Отчёт ВНИГРИуголь, 1986) обращают внимание, что при определении классификационных параметров однозначно установить марку не получится. Они приводят основные факторы: высокая неоднородность строения угольной пачки или пласта, наличие угольно-породных сростков и минерально-органических соединений в самой органической массе угля, которые приводят к искажённому марочному составу и качеству добываемого сырья. Пример, в конце прошлого века долгими наблюдениями за химическим составом золы углей на коксохимических производствах Японии, Германии, США, СССР было установлено влияние минеральных примесей в угле на прочность кокса в доменной печи. Поэтому для металлургического кокса было введено испытание на его реакционную способность (CSI) и после реакционную способность (CSR) – «горячая прочность кокса» и теперь коксующиеся угли подвергаются испытанию, состоящему из лабораторного коксования индивидуального угля и определение показателей CSI и CSR в полученном коксе.

В п. 8.2 стандарта перечень номеров классов, категорий, типов и подтипов дает информацию о граничных значениях всех параметров для марок, групп и подгрупп и ***позволяет корректировать границы марок, групп и подгрупп по одному из параметров, не затрагивая комплекса остальных.*** При этом отмечается, что классификационная таблица 11 охватывает кодовые числа всех найденных до настоящего времени углей и обеспечивает установление кодов вновь обнаруженных углей. В п. 8.3 изложено, что марку, группу, подгруппу устанавливают для каждого угольного пласта. Пластовые пробы отбирают по ГОСТ 9815 или ГОСТ 11223 в каждом забое не окисленной зоны пласта. В каждой пробе определяют показатели, указанные в таблицах 3-10, и по результатам анализа устанавливают кодовое число. В тех случаях, когда угли одного пласта на отдельных горизонтах, крыльях месторождения, участках шахты или разреза относятся к разным маркам, группам и подгруппам, кодовое число, марку, группу и подгруппу устанавливают для каждого горизонта, крыла,

шахтного поля (участка). Особенность, выделенная в п. 8.3, лишь подтверждает существующее обстоятельство в том смысле, когда пластовый уголь имеет большую изменчивость, связанную с количеством угольных пачек, отражающих характер седиментогенеза при формировании осадков. Это обуславливает не качественное опробование угольных пачек и сказывается на лабораторных результатах.

Авторами (Отчёт ВНИГРИУголь, 1986) также отмечалась это обстоятельство и рекомендовано проводить постоянный контроль, особенно по углепетрографическим показателям, так как различие угольных пачек и пластов обусловлено проявлением восстановленности угли, т.к. её наличие приводит к искажению марки и группы. Поэтому в рассматриваемом стандарте (п. 8.4) предложено «при выявлении углей, имеющих сочетание номера класса, категории, типа и подтипа, не представленное в таблице 11, **отнесение к марке, группе и подгруппе производят в соответствии только с их классом и подтипом**».

Есть другой подход учёта восстановленности кроме спекаемости углей. Предлагается углепетрографический (микротвёрдость) и ИК спектрометрический (диффузное отражение) методы, широко применяющиеся в исследованиях углей Кузбасса (Арцер, 1999, Иванов, 2021). Возможность применения спектрометрического метода пропускания отмечается в рекомендациях авторов (Отчёт ВНИГРИУголь, 1986), поэтому автор данной работы обоснованно привлекал экспресс-анализа (ГОСТ 32246-2013 «Метод спектрометрического определения генетических и технологических параметров») в своих исследованиях.

Краткая характеристика метода (ГОСТ 32246-2013). Он предназначен для определения выхода летучих веществ, толщины пластического слоя, показателя отражения витринита, суммы фюзенизированных компонентов и зольности (далее - параметры) в каменных углях в диапазонах значений:

- выход летучих веществ на сухое состояние (V_{daf}) от 11,0% до 39,0%;

- толщина пластического слоя (y) от 0 до 33 мм;
- показатель отражения витринита (R_o) от 0,60% до 2,00%;
- сумма фюзенизированных компонентов (ΣOK) от 5,0% до 80,0%;
- зольность на сухое состояние (Ad) от 4,0% до 13,0%.

Автором (Иванов, 2021г.) данные показатели были дополнены структурно-генетическими показателями: Пм – степень метаморфизации, Пв – степень восстановленности и Пг – степень гелификации углей на основе их ИК спектрометрической характеристики.

В итоге, при разработке предложений пункты раздела 8 ГОСТ 25543-2013 учитывались, т.к. на сравнении с ними более ясно раскрываются отдельные аспекты темы диссертации.

1.5.2 Особенности перемаркировки углей

Для раскрытия особенности перемаркировки углей автор воспользовался результатами анализа трудностей при внедрении в практику ГОСТ 25543-88 (Отчёт ВНИГРИУголь, 1986 г.). В этой работе обозначены две причины, которые до настоящего времени остаются актуальными:

- отсутствие инструктивных документов по обоснованию плотности разведочной сети опробования угольных пластов для определения классификационных показателей;
- не решены вопросы по перемаркировке и кодированию углей шахтных полей и участков, разведанных в прошлые годы. Поэтому, авторы указывали на необходимость доработки стандарта маркировки углей в части:
 - установления взаимосвязи между генетическими и технологическими показателями;
 - методических указаний по получению дополнительных показателей косвенным (расчётным путём для проведения перемаркировки углей);
 - переосмысление существующей методики маркировки углей.

Можно констатировать, что перечисленные причины являются актуальными в части проведения ГРР в границах лицензии и в части соблюдения требования к достоверности определения марки угля.

Рассмотрим детально ценные наблюдения авторов (Отчёт ВНИГРИуголь, 1986). Во-первых, это предложения по определению плотности сети опробования для правильного получения классификационных показателей, ими отмечается, что предлагаемая сеть разведочных выработок в инструкциях ГКЗ не всегда оправдана. Во-вторых, предаётся большое значение опробованию по опорным профилям разведочных выработок с учётом гипсометрического строения пластов по площади и степени их погружения на глубину. Именно с этими факторами в большей мере связана изменчивость метаморфизма, следовательно, происходит изменчивость значений показателей марки.

В предложениях (Отчёт ВНИГРИуголь, 1986.) в пункте 5 даются важные рекомендации, которые можно сформулировать следующим образом:

1. Возможность разделения параметров на причинные и следственные факторы в виде генетических и технологических кодов для упрощения классифицирования и контроля следственных показателей за причинными показателями;

2 Определённая роль должна отводиться бассейновым классификациям в виду особой специализации углей.

Это подтверждает примерами (Отчёт ВНИГРИуголь, 1986) в области определения марочных границ, которые интерполируются по значениям отражения витринита, это как раз то обстоятельство, когда появляется зона переходных углей из-за изменчивости значений этого показателя, другими словами, это выделение углей с неустойчивой марочной принадлежностью.

Таким образом, проведённый критический анализ существующей методологии изучения угленосных пластов и методов оценки свойств и качества углей для подсчёта запасов по маркам, показал, что в целом необходимо **применение комплексного подхода** в оценке марки и технологической группы

углей. В частности, для перемаркировки необходимо применять методы и установленные закономерности при разработке ГОСТ 25543 и изложенные рекомендации исследователей ВНИГРИуголь в процессе апробации и внедрении этого стандарта. Поэтому их система корреляционных зависимостей между генетическими и технологическими показателями в виде уравнений взаимосвязи, расчетные методы контроля и оценки различных параметров, количественные оценки изменчивости параметров были приняты в качестве теоретической основы для установления границ марочных переходов и выявления слабоизученных участков угольных пластов.

Это касается плотности сети опробования и получения правильных значений классификационных показателей и для этого необходимо учитывать морфологию пласта и их изменчивость из-за проявления метаморфизма по площади и с глубиной. В этом случае предусматривается опробование по опорным профилям разведочных выработок, учитывая гипсометрическое строение пластов по площади и степень их погружения с глубиной. Основной упор необходимо делать на правильную оценку генетических показателей, а восстановленность рекомендуется определять прямым методом, контролируя показателями класса и подтипа ГОСТ 25543-2013.

В связи с этим, автор данной работы опирался на комплекс анализов, состоящий из углепетрографических и спектрометрических определений генетических и технологических показателей углей, позволяющих осуществлять:

- определение стратиграфического и вертикального градиента показателя R_o как важных параметров для установления направленности метаморфизма углей. Оценка изменчивости данного показателя по простиранию является дополнительной в случае большой площади участка по латерали угленосных отложений;
- измерение степени восстановленности углей с увязкой со стратиграфическим градиентом;

- проводить определение восстановленности углей и межметодный контроль с применением ИК-спектрометрического метода (ГОСТ 32246-2013 «Метод спектрометрического определения генетических и технологических параметров»). Такой подход обеспечивает повышение достоверности марочного состава углей на стадии разведки и эксплуатации.

1.6. Особенности оценки запасов по маркам и технологическим группам углей

В ГБЗ Кузнецкого бассейна доля углей пригодных для коксования и полукоксования составляет более 50%, то есть эти угли имеют однозначную технологическую специализацию, которая исходит из основного документа (ГОСТ 25543-2013), а именно, в нём есть раздел «Направления использования ископаемых углей по маркам, технологическим группам и подгруппам». В стандартах (ГОСТ 32349-2013, ГОСТ 32347-2013) дано на основе марок, влаги, зольности углей и их крупности в качестве технических условий деление на технологические и энергетические направления.

Ранее упоминалось, что для выделения коксующихся углей, были разработаны ГОСТ 8163-79 и ГОСТ 8162-79, в которых изложена классификация углей пригодных в производство металлургического кокса (ГОСТ 8163-79) и граничные значения по спекающей способности использования газовых углей ($y \geq 13$ мм) и коксово-отошающих углей ($y \geq 10$ мм). Угли, не соответствующие требованиям этих стандартов, признавались энергетическими углями.

В связи с этим, основное изучение кузнецких углей было направлено на поиск и разведку прежде всего коксующихся углей, тогда как ГОСТ 8162-79 был построен на принципах известной зависимости основных показателей качества и технологических свойств углей от геологических факторов (рисунок 1.2). Позднее Аммосов И.И. и Еремин И.В. расширили схему зависимости основных свойств

углей от геолого-генетических условий при введении генетических показателей (рисунок 1.3).

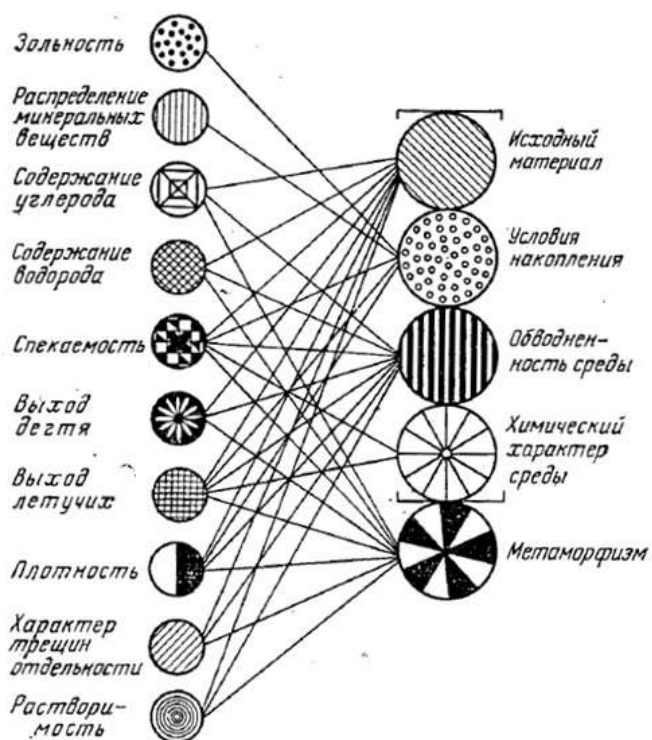


Рисунок 1.2 – Зависимость состава и свойств углей от геологических факторов (Аммосов И. И. и др., 1964)

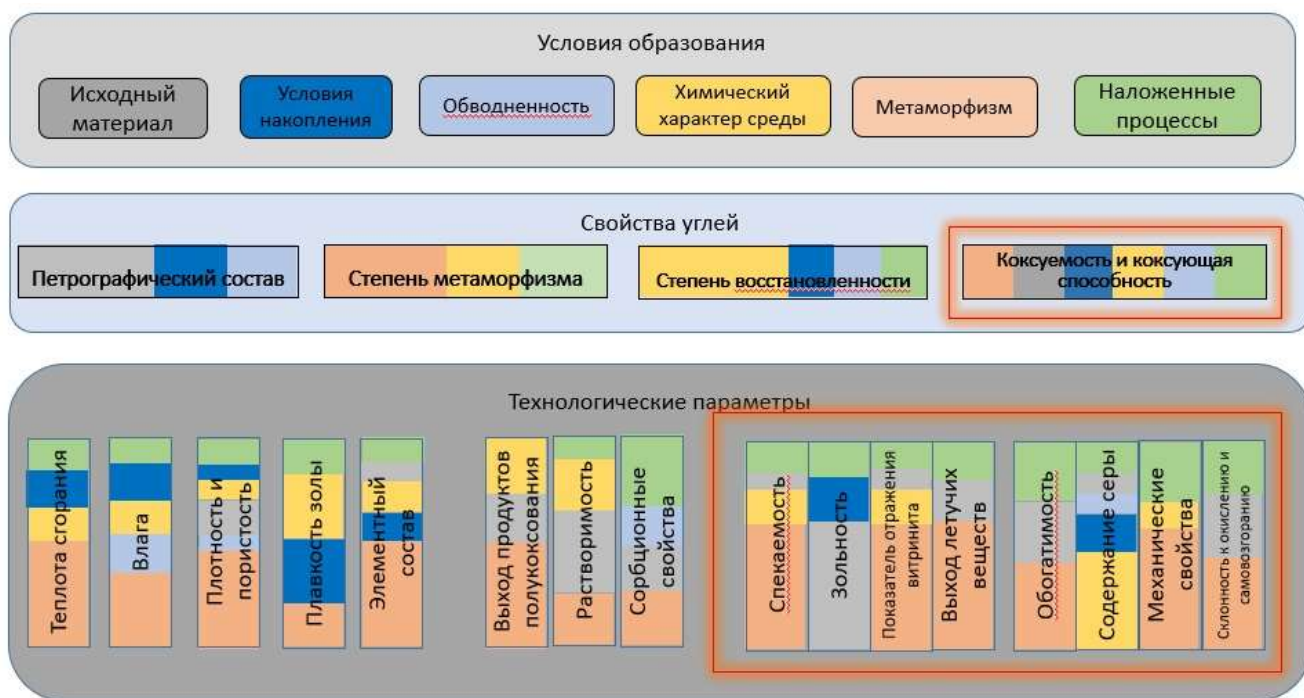


Рисунок 1.3 – Схема зависимости основных свойств углей от геолого-генетических условий (по Аммосову И.И. и Еремину И.В. с дополнениями автора)

Исходя из представленного анализа, появляются вопросы, связанные с геометризацией углей по маркам и по технологическим группам. В документах (Отчёт ВНИГРИУголь, 1986 г., ГОСТ 25543-2013) однозначно указывается на проведение границы разделения марок по всем четырём классификационным параметрам, на практике в выделяемых подсчётных блоках появляются угли разных марок, что приводит к образованию необоснованной пересортице углей по маркам и не обоснованного установления направления их использования. Как следствие, возникает потребность проведения дополнительных работ по доказательству и наличию тех или иных марок и выявлению зон перехода одной марки в другую из-за спорных моментов при отгрузке марочных углей потребителю.

Установленные категории запасов в подсчётных блоках на стадии разведки должны отражать не только степень изученности геологического объекта по количеству запасов, но и соответствовать степени изученности углей по качеству, в которое вкладывается марочный состав углей, спекающие и коксующие

свойства или их отсутствие и направление использования – это требование закона о недрах. В этом случае применение описанных способов должно обеспечивать решение такой задачи, как учёт запасов углей по маркам, находящихся на балансе недропользователя, а также ГБЗ РФ.

В связи с этим становится очевидным изучение направления использования углей без установления переходных зон и выделения марочных блоков в продуктивной угольной толще ведёт к повышению дополнительных затрат в процессе разработки и к снижению конкурентоспособности товарной продукции.

1.7. Выводы по первой главе

Повышение достоверности определения марки углей, оценка их специализации по направлению использования – вот одно из решений существующей проблемы, стоящей перед геологами или угольными компаниями. Соответствие требованиям изученности недр и складывающихся условий угольного рынка может быть достигнуто только на основе полного комплекса исследований и знаний о зависимости классификационных параметров ГОСТ 25543-2013 и правильного их применения на практике.

Отсюда вытекают следующие аспекты работы:

- изучение закономерностей изменения качества и свойств каменных углей кольчугинской и балахонской серий Кузбасса;
- разработка предложений по детализации параметров качества и свойств углей в процессе ГРП и особенностям применения технологических групп (ГОСТ 25543-2013) для оценки запасов и их комплексного рационального использования и воплощению идей. В частности:
- по выявлению генетических и технологических особенностей углей пластов в границах лицензии;
- по применению известных и вновь полученных закономерностей изменения качественных параметров угольных пластов;

- по установлению градиентов степени метаморфизма углей по простиранию и падению пластов;
- по правильному определению границы марок, технологических групп и объединению в марочные блоки с обособлением и геометризацией переходных зон марок.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта для проведения исследований был выбран Кузнецкий бассейн (Атлас верхнепалеозойских углей Кузнецкого бассейна. 1966; Угольная база России, т. 2. 2004). Пробы отбирались на территории Кузнецкого бассейна в процессе исследования углей по пластам.

2.1 Геологическое строение Кузнецкого бассейна

Кузнецкая котловина состоит из пород среднего и верхнего девона, карбона, перми, триаса, юры, а также покровными образованиями верхнемезозойского (верхний мел) и кайнозойского возраста). Обрамление бассейна сложено протерозойскими, кембрийскими, ордовикскими, силурийскими и девонскими отложениями (рисунок 2.1). Угленосные отложения по биостратиграфическим и литологическим данным подразделены на серии, подсерии и свиты. Выделяют четыре фазы углеобразования:

- **Девонская.** Залегают в основании комплекса осадочных отложений бассейна, представлена на юге морскими известняками, глинистыми сланцами и песчаниками мощностью до 6 км, а на севере, в границах Барзаского района – лагунно-континентальными осадками (450-1000м), включающими наряду с породами (глинистые сланцы, песчаники, конгломераты) мощные слои горючих сланцев сапропелитового типа и одиночные слои липтобиолитовых углей. Общая угленосность для данной фазы составляет 1,1%.
- **Балахонская.** На данной фазе сформировалась максимальная зона углеобразования. В это время были развиты непрерывные торфяники на площадях в сотни километров. Общая угленосность составляет 4,5%.

- Кольчугинская. Также отмечается крупным этапом угленакопления. Средняя угленосность составляет 2,5%.
- Юрская. Завершает процесс углеобразования в Кузбассе. В этот период образовались наименее метаморфизованные бурые угли тарбаганской серии мощностью 1000-1800м.

Угольные пласты промышленного значения, составляющие основной ресурсный потенциал Кузбасса, сформировались в течении балахонской и кольчугинской фаз угленакопления, принадлежавшие к одноименным сериям.

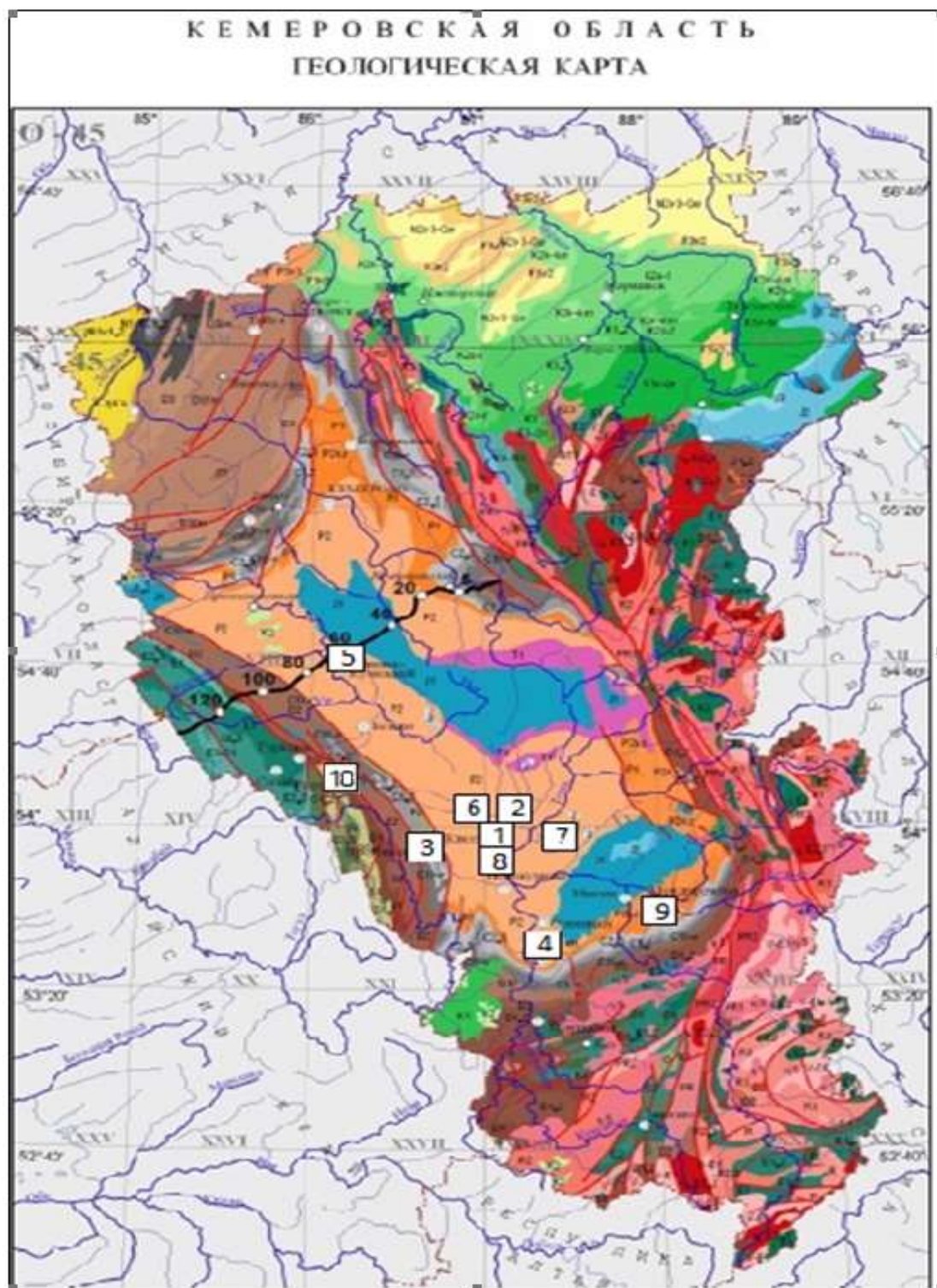


Рисунок 2.1 – Объекты исследования.

Примечание -Геологоразведочные работы: 1) Талдинское месторождение. Участки Отвальный Южный 1 и 2, Участок Отвальный Южный Глубокий 2) Новоказанское месторождение. Участок Новоказанский 2 3) Прокопьевско-Киселевский район. Участок Тайбинский, Акташский. Проектные работы: 4) Сарбалинское месторождение 5) Ленинское месторождение. Уч. Кировский Глубокий 6) Кыргайское месторождение. Уч. Кыргайский Южный 7) Увальное месторождение. Поле шахты Увальная 8) Жерновское месторождение. Участок Жерновский 9) Мрасское месторождение. Участок Мрасский 10) Бачатское и Краснобродское месторождение.

Общие ресурсы углей Кузбасса до глубины 1800 м (горизонт -1500 м (абс.)), составляют 524,4 млрд т. Подсчет осуществлялся по следующим кондициям для разделения на коксующиеся и энергетические угли по маркам ГОСТ 8163-79 и ГОСТ 8162-79 (рисунок 2.2). Разведанные балансовые запасы по категориям А+В+С₁ составляют 51953,7 млн т, кат.С₂ – 15369,8 млн т

<i>Кондиции для подсчета запасов углей Кузнецкого бассейна, установленные Госпланом СССР в 1960 г. (для подземной разработки)</i>				
Марка угля	Балансовые запасы		Забалансовые запасы	
	наименьшая мощность, м	наибольшая зольность A ^d , %	наименьшая мощность, м	наибольшая зольность A ^d , %
Коксующие	0,7	30	0,5	50
Энергетические	1,0	30	0,6	40

Рисунок 2.2 – Кондиции для подсчёта коксующихся и энергетических углей Кузбасса

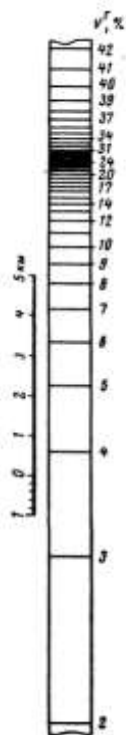
В Кузнецком бассейне на 2016 год расположено 134 предприятия по добыче угля: 72 шахты и 62 разреза. Добыча угля осуществлялась 57 шахтами и 55 разрезами, на 15 шахтах и 5 разрезах добычные работы не велись. Объемы добычи угля в 2016 году составил 227,4 млн тонн, из них открытым способом 145,1 млн тонн, подземным - 82,3 млн тонн. Объём добычи по итогам 2024 года составил уже 198,4 млн тонн. Сокращение в сравнении с 2023-м годом составило 7,3% по указанным выше причинам.

Угленосность отложений, мощность угольных пластов уменьшается в генетическом ряду фаций: аллювиальные – аллювиально-озерные – озерные (бассейновые). В соответствии с этой закономерностью изменяются некоторые основные параметры качества углей. В частности, в сторону бассейновых фаций повышается степень восстановленности углей и понижается количество фюзенизированных компонентов.

В качестве исходного материала при формировании торфяников в балахонское и кольчугинское время были растения-углеобразователи. Основную роль, среди них играли кордаиты, в меньшей мере – папоротники,

членистостебельные, сфанговые мхи и хвойные растения, подчиненное значение имели водоросли и гинковые. В балахонский период преобладали крупные древесные формы, а в кольчугинский их доля сокращается с увеличением соотношения кустарникового, травянистого, и листового материала. Этим объясняется сравнительно однородный петрографический состав углей кольчугинской серии с повышенным содержанием в них компонентов группы витринита. При этом петрографический состав угольных пластов верхне- и нижнебалахонской свит весьма разнообразен и зависит от содержания в них макроскопических типов. Содержание витринита колеблется в углях отдельных пластов от 20 до 70%. В Прокопьевско-Киселевском районе уголь пласта VI Внутреннего содержит до 70% витринита, а в пласте Мощном в том же разрезе, количество его не превышает 30%. В целом в разрезе верхне- и нижнебалахонской свит содержание микрокомпонентов группы витринита в угле закономерно уменьшается от вышележащих к нижележащим группам пластов с наибольшей мощностью. Минимальное содержание витринита в углях приурочено к пластам кемеровской, ишановской и промежуточной свит.

Нарушение этих общих закономерностей связаны с изменением фациальных обстановок формирования того или иного района (Пах, 1969; Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна, 1978)



Широкое разнообразие углей Кузнецкого бассейна обосновано не только различиями вещественного состава, но в большей степени неодинаковой степенью их метаморфизма, распространяющейся во всех направлениях. Сложные закономерности изменения метаморфизма обуславливаются факторами повышения температуры и давления, поэтому он выделяется как региональный метаморфизм. Погружение угленосных отложений на различную глубину в разрезе осадочной толщи представляет закономерность - правила Хильта, когда угли вышележащих пластов менее

метаморфизованы в сравнении с углями нижележащих пластов. Разнообразие геотектонических условий при формировании угленосных толщ обусловили по площади бассейна и отдельным горизонтам однонаправленное изменение метаморфизма углей. Кроме того, в сильно дислоцированных районах северо-западной и юго-восточной окраин бассейна в отложениях верхне- и нижнебалахонских свит отчетливо проявляются признаки отошения углей одних и тех же пластов по падению в результате сильного проявления регионального метаморфизма, в замках и шарнирах складок усиление за счёт динамометаморфизма (существует неподтверждённая теория). В юго-восточной части бассейна региональный метаморфизм осложняется контактовым метаморфизмом вблизи широко развитых здесь силлов и даек диабазов.

Наиболее используемые показатели определения степени метаморфизма стали выход летучих веществ и отражательная способность витринита. В стратиграфическом разрезе изменение выхода летучих веществ происходит неравномерно (Геология месторождений угля и горючих сланцев, 1969). Наиболее быстрые изменения выхода летучих веществ с глубиной наблюдаются при значениях этого показателя от 18 до 32%, т.е. на стадии метаморфизма жирных и коксовых углей. На рисунке слева показаны ступени глубинного метаморфизма по выходу летучих веществ в полублестящем петрографическом типе угля (по В.И. Скоку) и видно, что более крупные отрезки стратиграфического разреза находятся в нижней его части, указывая значительное превышение запасов коксовых и жирных углей в бассейне. На примере Прокопьевско-Киселевского района И.И. Молчановым (Методика поисков и разведки угольных месторождений Печорского бассейна, 1981) было доказано, что в замках синклинальных складок всегда более метаморфизованные угли, чем в замках антиклинальных, именно там сосредоточены запасы коксовых и коксово-отошающих углей.

Угли Кузбасса имеют автохтонную природу. На некоторых пластах Беловского, Плотниковского районов встречаются прослои гумусово-

сапропелевых углей, что является признаком существования водорослей. Накопление отдельных групп пород происходило в условиях морского мелководья, отмелей, баров, подводных дельт, озер и болот. В верхней части балахонской размещаются наиболее мощные пласты угля.

2.2 Характеристика и основных закономерностей параметров углей Кузбасса

Кузнецкий бассейн в морфологическом отношении представляет собой асимметричную синклинальную структуру, внутри которой наблюдается отчетливая зональность. Область линейных складок на западе, область пологих складок и куполовидных поднятий в центре бассейна и субплатформенная зона моноклиналей на востоке.

Угли балахонской и кольчугинской серий представлены непрерывным метаморфическим рядом от длиннопламенных углей до антрацитов. Угли балахонской серии характеризуются показателем отражения витринита от 0,6 до 3,5%, а колчугинской серии – от 0,5 до 1,2%. По показателю содержания компонентов группы витринита соответственно равны 20-70% и 60-90%. Метаморфизм, петрографический состав и степень восстановленности подчиняются определенным закономерностям как по площади распространения, так и в разрезе угленосных отложений. Изменчивость названных факторов определила широкое разнообразие Кузнецких углей по марочному составу.

Учёными угольщиками проведены многочисленные исследования по выявлению взаимосвязей между геологическими условиями формирования угольных пластов и петрографическими особенностями углей, а также их технологическими свойствами. Особый вклад внесли результаты работ в этой части Э.М. Паха, И.В. Еремина, И.И. Амосова, А.С. Арцера, А.С. Станкевича, В.П. Иванова, и др.

На рисунке 2.3 показана зависимость основных показателей витринитовых углей Кузбасса от степени метаморфизма, на рисунке 2.4 - прогнозирование R_o

каменных углей по выходу летучих веществ V^{daf} , на рисунке 2.5 - связь толщины пластического слоя с выходом летучих веществ в углях Кузнецкого (1), Таймырского (2) и Тунгусского (3) бассейнов, на рисунке 2.6 - диаграмма для прогнозирования показателей $R_o - Y - \Sigma OK$ для восстановленных и маловосстановленных углей.

В целом, по представленным графикам видна степень изученности взаимосвязей между классификационными показателями для установления марки технологической группы. Поэтому данный подход вполне обосновано применяется в данной работе.

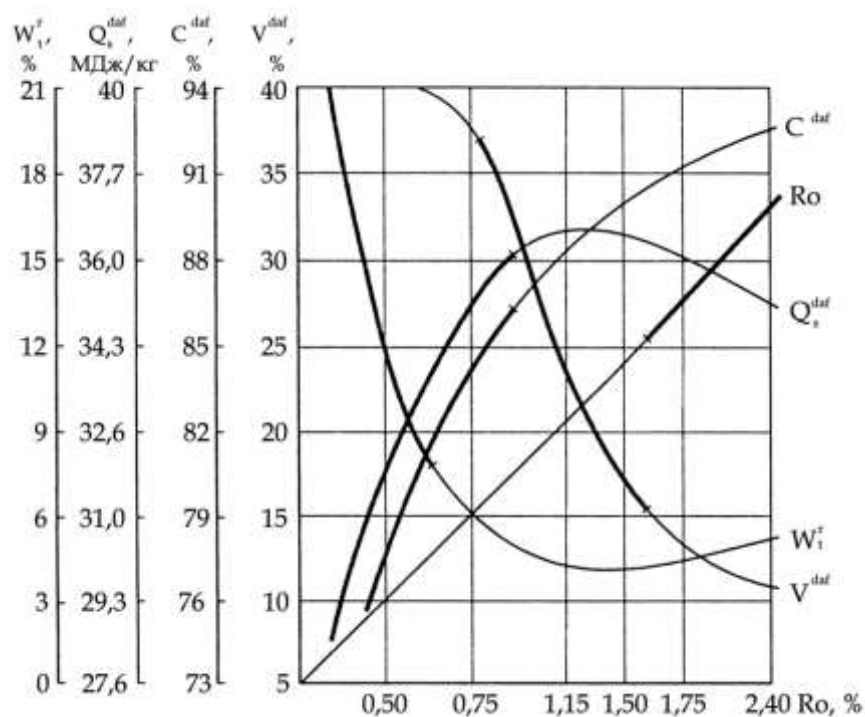


Рисунок 2.3 – Зависимость основных показателей витринитовых углей Кузбасса от степени метаморфизма (по И.В. Ерёмину, с дополнением). Утолщенными линиями выделены диапазоны наибольшей разрешающей способности.

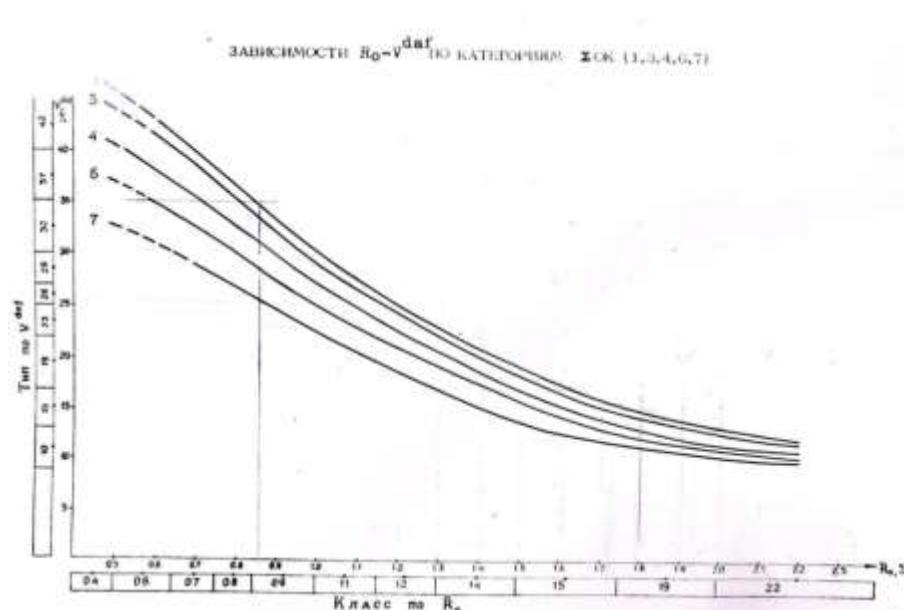


Рисунок 2.4 – Прогнозирование R_0 каменных углей по выходу летучих веществ v^{daf}

Прогнозирование толщины пластического слоя Y по выходу летучих веществ в углях

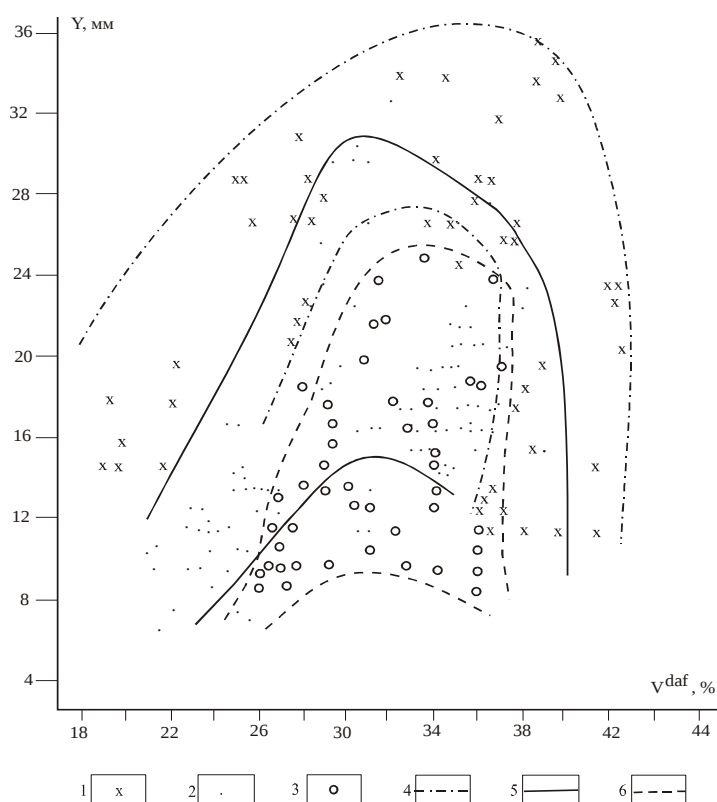


Рисунок 2.5 – Связь толщины пластического слоя с выходом летучих веществ в углях

Кузнецкого (1), Таймырского (2) и Тунгусского (3) бассейнов (по О.И. Гавриловой). 4, 5, 6 – границы распространения углей этих бассейнов на диаграмме.

Прогнозирование Y по R_o и ΣOK с учетом восстановленности

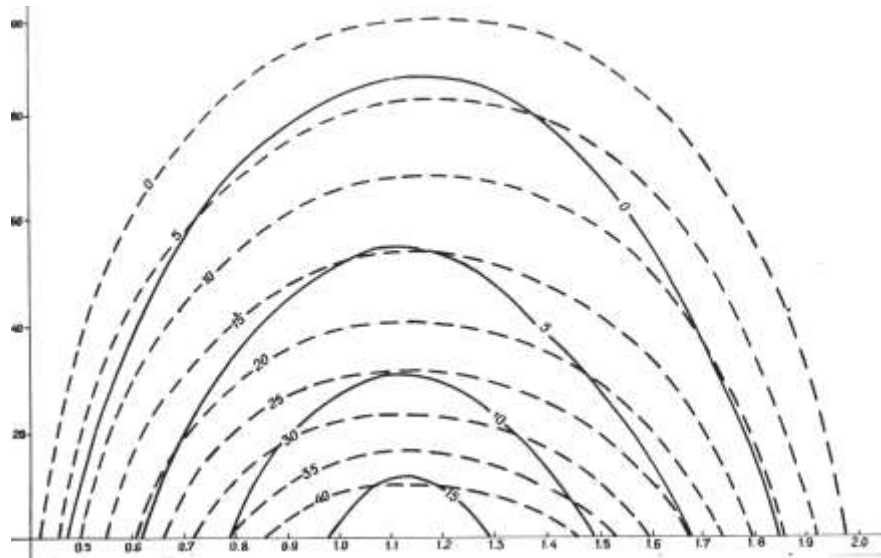


Рисунок 2.6 – Диаграмма для прогнозирования $R_o - Y - \Sigma OK$

Прерывистые изолинии – «у» – для восстановленных углей, сплошные – для маловосстановленных (Отчёт ВНИГРИуголь, 1986)

Среди разных методов определения степени восстановленности углей, по мнению автора (Иванов, 2016), спектрометрический метод наиболее простой в производстве анализа и прямой по однозначности. Он стандартизован (ГОСТ 32246-2013) в виде экспресс-анализа определения классификационных параметров ГОСТ 25543-2013 и зольности углей до 13 %. Поэтому ИК анализатор в данной работе предлагается для оценки восстановленности углей, а степень возможности его применение для определения их марки данным методом автором не проводилась, т.к. требуется проведение отдельной исследовательской работы.

Таким образом, анализ влияния петрографического состава, метаморфизма и степени восстановленности на свойствах кузнецких углей позволяют более взвешено подходить к оценке возможных направлений и эффективности использования ресурсов Кузнецкого бассейна. Генетические и технологические

параметры становятся основой для детализации оценки и прогноза свойств углей шахтного и карьерного поля с учетом границ лицензии и расчета перспектив расширения.

2.3 Методология исследований

Для создания метода определения блоков по маркам углей был использован материал опробования более 2000 плаstopодсечений угленосных пластов по различным участкам добычи в Кузбассе. Основная апробация работы была проведена на участке Тайбинский Прокопьевско-Киселевского района. Также методы и приемы были использованы при детализации марочного состава углей и их перемаркировки по пластам на участке Отвальный Южный Талдинского месторождения и Новоказанского месторождения в Ерунаковском геолого-промышленном районе Кузбасса. Методология исследований состоит из следующих этапов: опробование, пробоподготовка, лабораторно-аналитические исследования, методы обработки результатов и интерпретации геологических и лабораторных данных.

При выполнении исследовательской работы использовались закономерности изменения генетических, технических и технологических показателей от влияния геологических факторов, возникающих на стадии седиментации и литификации процесса угленакопления и углеобразования. Применялись следующие виды анализов:

- углепетрографические и углехимические для определения качества и свойства углей;
- лабораторные коксования углей для оценки их коксующих свойств;
- технический для оценки свойств коксов, получаемых из углей пластов и их смесей между собой;
- статистический для обработки результатов опробования и аналитических результатов отдельных показателей;

- математический для выявления характера зависимостей между критериями оценки и параметров классифицирования углей по маркам и технологическим группам; для построения уравнений и регрессионных моделей;
- сравнительный для обобщения результатов исследования углей разных марок, пластов и месторождений;
- критический для обработки научно-литературных и производственных данных при определении новизны научно-исследовательской работы и апробации её результатов на угледобывающих предприятиях.

Апробация метода проходила по этапам и внедрялась в виде отдельных элементов:

- 1) На Сарбалинском месторождении, участке Сарбалинский Глубокий была применена схема заложения скважин в разведочной сети, являющихся опорными для опробования на классификационные параметры ГОСТ 25543, с целью получения достоверных данных о изменчивости марочного состава углей по пластам и разрезе угленосной толщи.
- 2) На Ленинском месторождении, участке Кировский Глубокий была применена схема заложения скважин в разведочной сети, являющихся опорными для опробования на классификационные параметры ГОСТ 25543, с целью получения градиентов показателя $R_o,г$ по пластам в разрезе угленосной толщи по их падению простиранию.
- 3) На Увальном месторождении, участке «Поле шахты Увальная» была применена схема заложения скважин в разведочной сети, являющихся опорными для опробования на классификационные параметры ГОСТ 25543, с целью получения градиентов показателя $R_o,г$ по пластам в разрезе угленосной толщи по их падению простиранию и составления технологических проб из опорных скважин для лабораторного коксования с целью увязки марки и технологической группы углей пластов с коксующими свойствами. Разработка показателей определения ценности углей.

- 4) На Кыргайском месторождении, участке Кыргайский Южный были отработаны подходы для оценки достоверности результатов предыдущей разведки, схемы их обработки с определением существующих опорных скважин и мест заложения новых скважин с учётом марочного изменения углей для построения по ним блоков.
- 5) На Новоказанском месторождении, участке Новоказанский 2 была проведена апробация в части применения технологической специализации углей и их ценности для формирования сырьевой базы угольной продукции на экспорт.
- 6) На Жерновском месторождении, участке Жерновский Глубокий была опробована основа метода марочных блоков с последующим геолого-технологическим картированием коксующихся углей для формирования сырьевой базы недропользователя под сырьевую базу коксования РФ.
- 7) На Мрасском месторождении, участке Мрасский были применены подходы определения ценности каменных углей высокой стадии метаморфизма для производства металлургического кокса.
- 8) На Бачатском и Краснобродском месторождении в рамках НИР были проведены исследования пластов спекающихся углей недропользователя для разработки угольных смесей пластов как сырья для получения угольных концентратов с заданными параметрами, пригодными для нужд промышленности.

На рисунках продемонстрированы элементы предлагаемого метода в части заложения опорных скважин и опорных кустов скважин на разрезе (рисунки 2.7-2.11) и установления границы марок на плане (рисунок 2.12) на разных лицензионных участках.

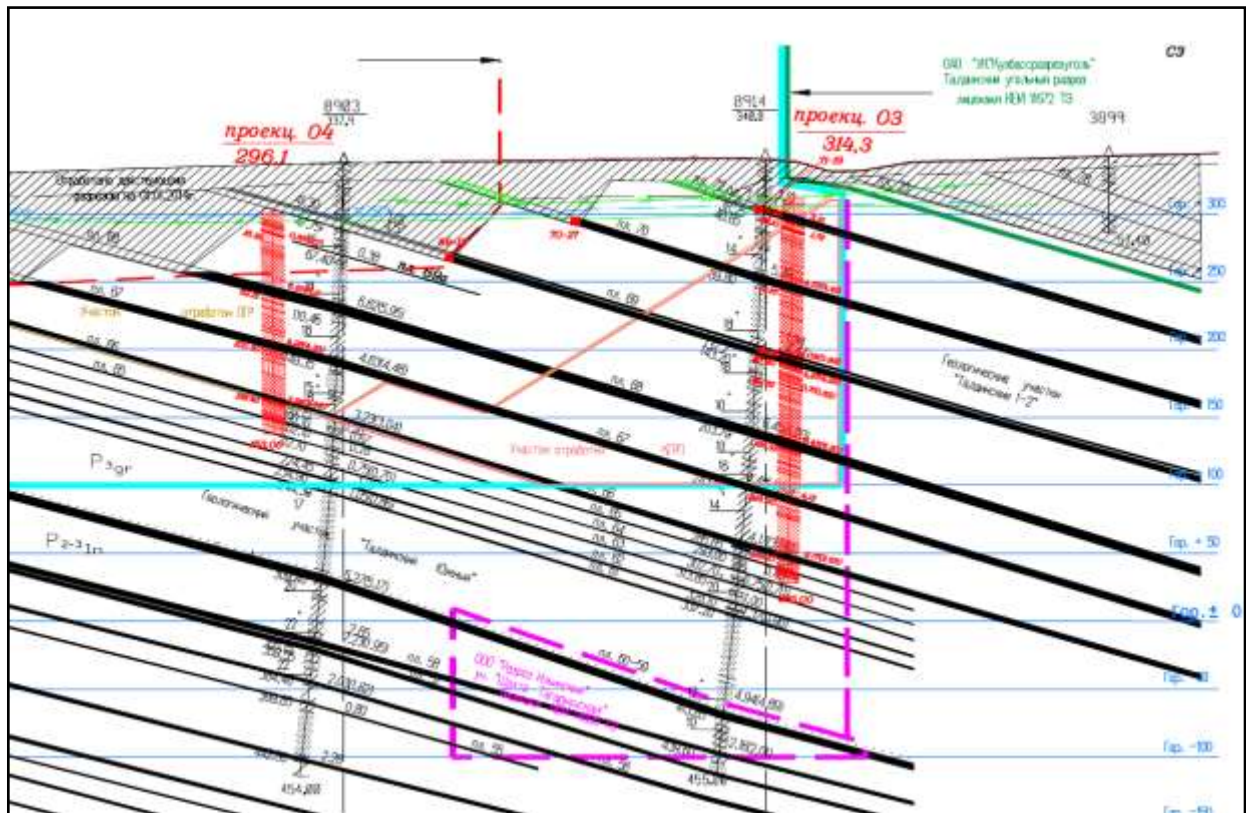


Рисунок 2.7 – Разрез с вынесенными скважинами и горными пробами для проведения перемаркировки углей.



Рисунок 2.8 – План участка разведки

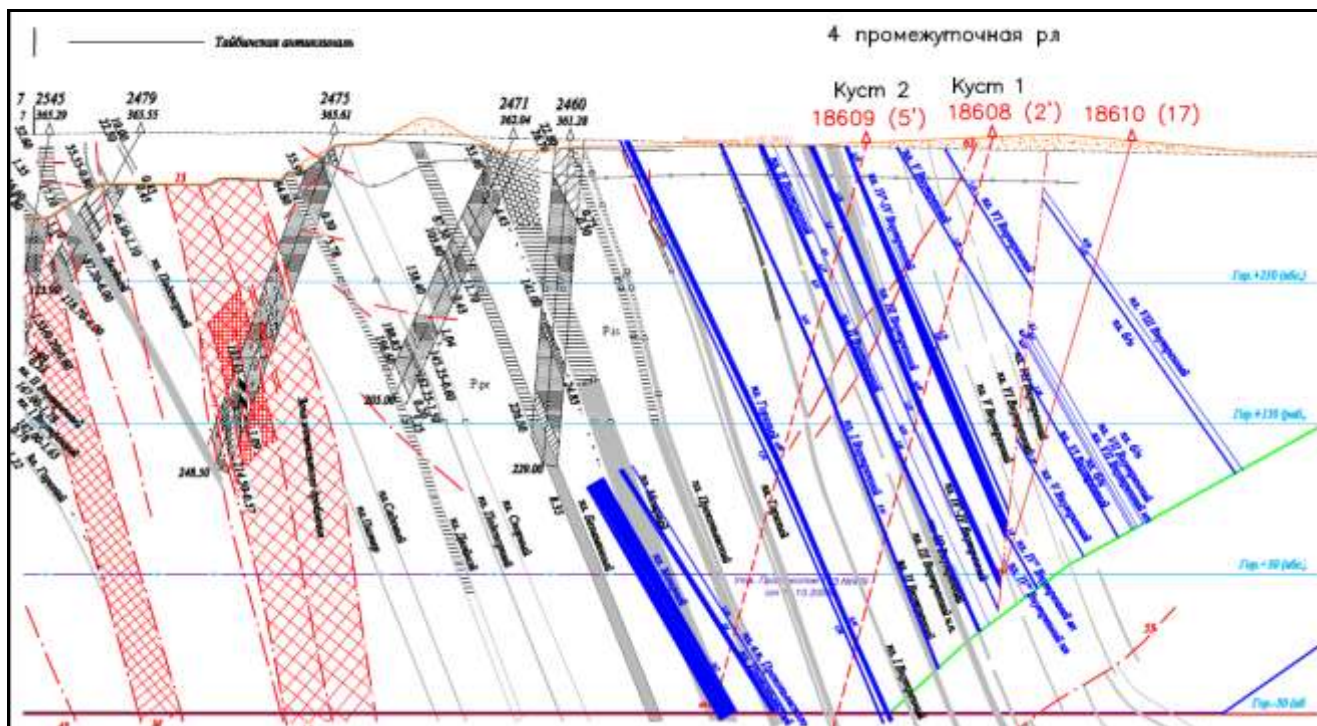


Рисунок 2.9 – Куст опорных скважин на разрезе 4 Промежуточная

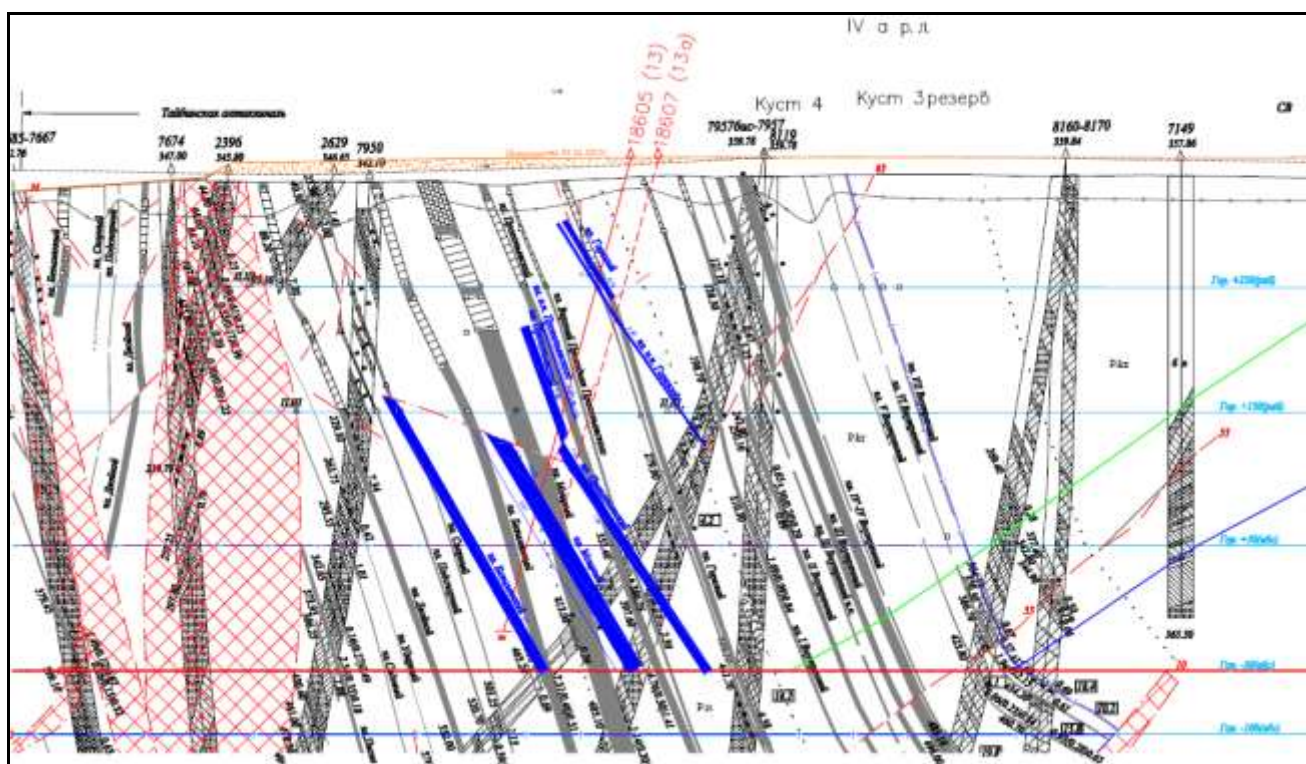


Рисунок 2.10 – Куст опорных скважин на разрезе IVa

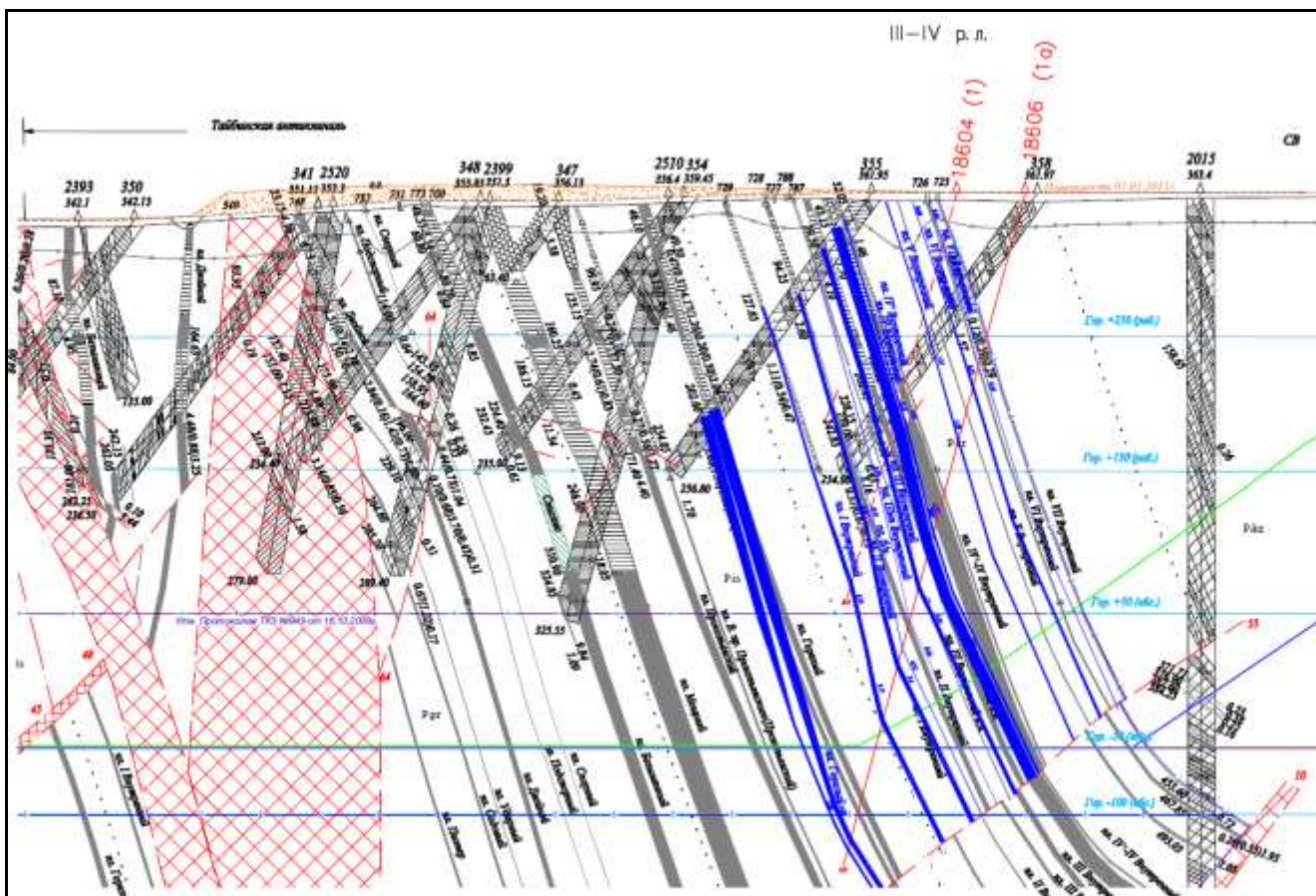


Рисунок 2.11 – Куст опранных скважин на разрезе 4 Промежуточная

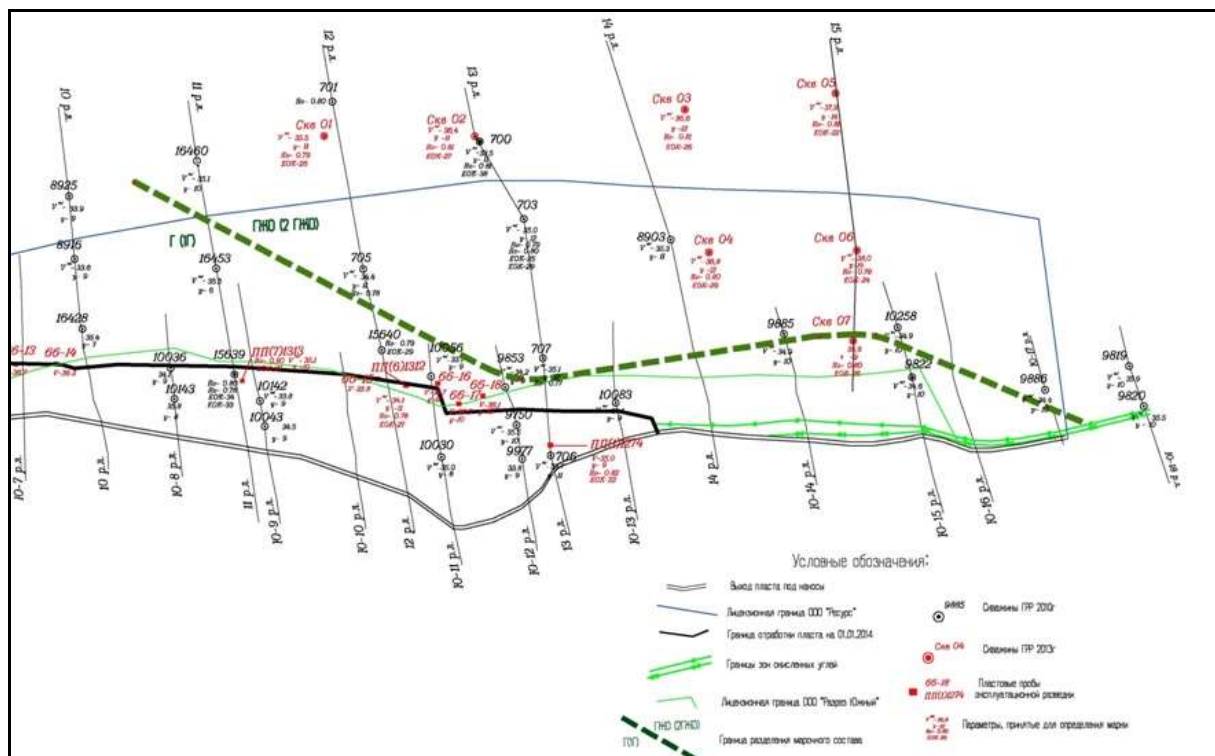


Рисунок 2.12 – План расположения проб для оценки марочной принадлежности углей пласта 66, месторождение Талдинское Ерунаковский район.

Автором приводятся необходимые задачи, сформулированные при проектировании ГРР в границах лицензионного участка и перемаркировки углей, на примере участка «Поле шахты Тайбинская» Прокопьевско-Киселёвского месторождения:

1. Изучить закономерности изменения генетических параметров углей пластов: мацеральный состав, степень восстановленности и метаморфизации по их простиранию, падению и в стратиграфическом разрезе угленосной толщи.

2. Установить марочные блоки и технологические границы по простиранию, падению и в стратиграфическом разрезе в угольной толще.

3. Установить коксующую способность и коксуемость ископаемых углей для производства металлургического кокса, а также их ценность по пластам (промышленно-генетическую, технологическую и энергетическую) при подсчёте запасов для налогообложения в недрах и при создании угольной продукции для формирования сырьевой базы добычи и переработки.

Отдельно установить технологическую и потребительскую ценность ископаемых углей и угольной продукции для таможенных целей и коксохимического производства.

4. Установить марочные границы углей с устойчивой коксующейся и коксообразующей способностью и соответствующей им марочной и технологической принадлежности в рамках ГОСТ 25543-2013.

5. Изучить изменение зольности углей от строения пластов, имеющих рабочую мощность, и оценить её влияние на спекающие и коксующие свойства при технологическом засорении открытым способом разработки пластов.

6. Изучить спекающие, дилатометрические и коксующие способности углей международными методами, коксуемость лабораторным коксованием, а также изучить химический состав золы углей и физико-механические свойства кокса с определением его реакционной и после реакционной способности по стандартным методикам.

7. Обеспечить результаты сопоставительного анализа по изменению качества ископаемых углей пластов предыдущей разведки с вновь полученными результатами при проведении проектируемых геологоразведочных работ, в особенности, зольности и спекаемости и химического состава золы углей.

8. Обеспечить результатами испытания углей пластов с целью возможности использования в других технологиях и производствах, кроме производства металлургического кокса слоевым коксованием и энергетики путём сжигания углей.

Схема изучения углей пластов проводилась в следующей последовательности:

1. Определение аналитической влаги и золы, кажущей плотности в угольных пачках.
2. Составление пластовых проб из угольных пачек по скважине.
3. Составление объединённых пластовых проб из скважин по разведочным линиям.
4. Составление кустовых технологических проб по пластам из объединённых пластовых проб по разведочным линиям

Для решения поставленных задач - детальное изучение качества и коксующих свойств рабочих пластов угленосной толщи под разработку, на основном поле бывшей шахты «Тайбинская» был выбран участок под разведку, обозначенный разведочными линиями: на севере - р.л. 4 Промежуточная, на юге - р.л. III-IV и р.л.IVa. Было пробурено 7 скважин, которыми удалось вскрыть угленосную толщу, состоящую из следующих пластов: Внутренние VIII, VII, V, IV', IV, III (включая верхнюю и нижнюю пачки), II, I, Горелый (включая верхнюю и нижнюю пачки), Верхний Проводник Прокопьевского, Прокопьевский, Мощный (включая спутник пласта), Безымянный.

На данном участке разведки было установлено (с севера на юг):

- 1) В месте бурения куста скважин №№ 18609, 18608, 18610 (р.л. 4 Промежуточная) обнаружена зона разрывных нарушений, при этом скв. 18608

подсекла группу пластов от Внутреннего V до Внутреннего I между нарушениями 63 и без номера.

2) Куст скважин №№ 18605 и 18607 (р.л. IVa) также подсёк нарушение ориентировочно по пласту Прокопьевский.

3) Куст скважин №№ 18604 и 18606 (р.л. III-IV) пробурен в крыле складки не осложнённой дизъюнктивами.

4) Пласты Внутренний V, Верхний Проводник Прокопьевского и Безымянный имеют рабочую мощность и простое геологическое строение.

В ходе работы при визуальном осмотре керна пластов выяснилось, что в пластах значительной мощности прослеживается фациальная изменчивость, а именно, выделяются образования мощных слоёв, состоящие из гелитолитов (блестящие макролитотипы) и фюзенолитов (матовые макролитотипы) и эти углефицированные образования значительно различаются и существенно влияют на классификационные параметры марки и коксующие свойства. При отработке мощных пластов отдельными уступами фациальный фактор, несомненно, проявится высокой неоднородностью угольного сырья разного качества и свойств при добыче с одного пласта, понимая, что ископаемый уголь и угольное сырьё - разные по свойствам угли.

Учитывая эту особенность, по согласованию с Заказчиком опробование пластов проводилось секциями с интервалом рейсов бурения (1 м) в скважинах, а там, где пласты были вскрыты на всю мощность без признаков их нарушения, оно проводилось с интервалами 0,5 метров (секции). Из секционных проб подготовились аналитические пробы для исследования экспрессным методом на основе инфракрасной спектроскопии (ГОСТ 32246-2013 «Метод спектрометрического определения генетических и технологических параметров») на АПК «Спектротест», на котором IT-программа позволяет получить марочные показатели и определять зольность угля до 13 %.

Углететрографические исследования выполнены по стандартизованным методикам: - ГОСТ Р 55663-2013. Методы петрографического анализа. Часть 2.

Метод подготовки образцов угля; - ГОСТ Р 55662-2013 Методы петрографического анализа. Часть 3. Определение мацерального состава (ИСО 7404-5:2009); - ГОСТ Р 55659—2013 Методы петрографического анализа. Часть 5. Определение показателя отражения витринита.

Крупность исследуемого вещества не более 1,6 мм с минимальным включением классов менее 1,0 мм. Аншлиф-брикеты изготавливались на шеллаке с последующей их полировкой на станке и вручную (ГОСТ Р 55663-2013). Углететрографический анализ определения показателя отражения витринита (ГОСТ Р 55659-2013) проводился на микроскопе «Палам-312» с фотоумножителем «ф.НАМАТСУ» с программным обеспечением МСФ-30У для подсчёта $R_{o,max}$, $R_{o,min}$, $R_{o,n}$, R_o , $max-min$, стандартный коэффициент отклонения, СКО, по которому устанавливается неоднородность по R_o - σR_o , и строится рефлектограмма.

Измерение отражательной способности витринита в иммерсионном масле проводилось вручную по 40 точкам (по стандарту без сканирующего столика) с метрологическим обеспечением замером стандартных образцов до и после выполнения замеров в исследуемом образце. Юстировка прибора перед началом работ проводилась по эталону $R_o = 3,26 \%$, который прилагается к микроскопу. Мацеральный состав определялся на микроскопе «Палам-312» с механическим счётчиком. Определение мацерального состава состояло из количественного подсчёта мацералов: витринита (Vt), семивитринита (Sv), инертинита (I), липтинита (L) и минеральных примесей (MM) в соответствии стандарта.

По стандартам проводился технический анализ (аналитическая влага, зольность, выход летучих веществ), кажущая плотность, пластометрические показатели, свободное вспучивание, определение коксующести в лабораторных условиях углей и химического состава золы и её плавкости, а исследование полученных коксов состояло из определения термической стойкости, удельного электросопротивления, реакционной (CSI) и послереакционной (CSR) прочности. Установление марки и технологической группы углей осуществлялось по ГОСТ

25543-2013, а оценка коксующей и коксообразующей способности по методике ОКС (оценка коксующей способности).

Таким образом, краткое геологическое описание объекта, применяемых методов исследования углей пластов действующих горнодобывающих предприятий, краткий перечень задач для проектирования ГРП и видов исследования углей в границах лицензии можно рассматривать как практическое руководство для недропользователей угольных запасов.

В диссертационной работе использовалась иностранная литература законодательного, нормативно-методического и исследовательского характера, а также переводы статей отечественных авторов, опубликованные в высокорейтинговых иностранных журналах и размещённые в базах Scopus и Web Science (таблица 2.1). Данный материал систематизирован по направлениям исследований, включая вопросы, связанные с геохимией углей и их металлоносностью, нового пути развития в области качества углей и направления использования.

Таблица 2.1 – Систематизированный литературный англоязычный материал.

№ п/п	Направления проведённых исследований	№ ссылки иностранной публикации
1	Нормативно-методическая литература	94, 97-103, 110, 114, 115, 116, 120, 123, 128
2	Петрология и углепетрография	95, 104, 106, 126, 111, 112, 117
3	Структура углей и коксообразование	118, 119, 122, 129
4	Взаимосвязь петрографических и геохимических свойств углей	113, 121, 124, 125, 127, 128, 130
5	Комплексное исследование геохимии углей и их металлоносности	91, 96, 107, 108, 109

ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТАМОРФИЗМА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП СТАНДАРТА (ГОСТ 25543-2013) ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ УГЛЕЙ

3.1 Существующий учёт запасов коксующихся углей по маркам

Площадная методика разведки геологических участков советского периода — это марочное районирование месторождений в бассейнах с выделением коксующихся углей для нужд коксохимического производства МЧМ СССР. Выделение лицензированных участков под разработку — районирование месторождений на отдельные участки под разработку угольных запасов, которые, по своей сути, являются участками прирезки запасов действующих угольных компаний. В последние двадцать лет стали выделяться участки из нераспределённого фонда недр РФ. Поэтому, разведка в условиях лицензирования участков Кузбасса носит локальный характер и для подтверждения марки требуется проведение дополнительных ГРР. При этом необходимо одновременно с уточнением марки уточнять технологические свойства, которые обуславливают сортность углей (специализация), а для коксующихся углей это важная составляющая.

Эта особенность в той или иной мере отражена в современной нормативной документации, регламентирующей методику разведки каменных углей с последующим подсчётом запасов. В частности, «Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых горючих ископаемых. Угли и горючие сланцы» следует рассматривать как сложившуюся методологию оценки угольных залежей. Он предназначен для оказания практической помощи при подготовке материалов для подсчёта запасов ископаемых углей и представления их на государственную экспертизу запасов.

В связи с этим сформулировано первое положение. **На основе уравнений зависимости между классификационными показателями: отражательной**

способностью витринита, выходом летучих веществ, толщиной пластического слоя, с учётом характера проявления восстановленности в угольных пластах отложений кольчугинской и балахонской серий Кузбасса, разработаны ограничительные величины для установления направления использования углей.

3.1 Оценка технологической ценности спекающихся углей

Учёт угольных запасов ведётся по категориям и маркам и на рисунке 3.1 продемонстрировано распределение запасов по маркам (ДГ, Г, ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ, К, КО, КСН, КС, ОС, СС, ТС) в Кузнецком бассейне. Кроме этого, отдельно ведётся учёт запасов коксующихся углей, которые выделяются рекомендациями ГОСТ 25543-3013 в части направления использованию их для слоевого коксования, тем самым в стандарте предусматривается проведение лабораторного коксования углей пригодных при производстве металлургического кокса.

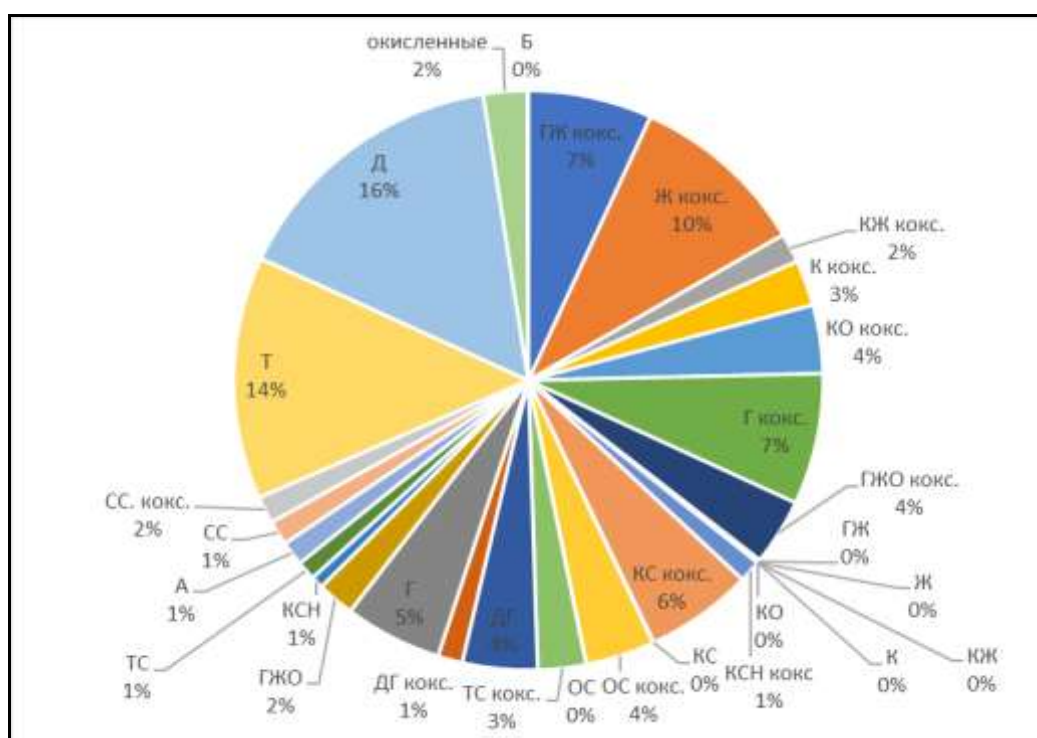


Рисунок 3.1 – Диаграмма распределения марок по Кузнецкому угольному бассейну

Однако в Методических рекомендациях ГКЗ отсутствуют требования обязательного проведения таких лабораторных испытаний, в связи с этим возникает обстоятельство, когда все каменные угли считаются коксующимися углями. Рассмотрим подробно особенности взаимосвязей между показателями ГОСТ 25543 и классифицирования углей.

3.1.1 Особенности взаимосвязей между классификационными показателями

Стандартом (ГОСТ Р 59261-2020) предусматривается деление углей по показателю отражения витринита на стадии метаморфизма, а стандартом (ГОСТ 25543-2013) угли делят на классы по выходу летучих веществ, в целом же угли разделяют на бурые, каменные и антрациты. Самый большой спектр многообразия углей относится к каменным углям, поэтому в них между генетическим показателем $R_{o,r}$, отражающим метаморфизацию углей, и технологическим показателем V^{daf} , отражающим углефикацию углей, существует полиномная взаимосвязь третьей степени. Представленная зависимость выхода летучих веществ (ось Y) от отражения витринита (ось X) для спекающихся и не спекающихся углей построена на пробах углей (156 пробы) в диапазоне $R_{o,r}$ от 0,45 до 2,0 % и выхода V^{daf} от 45 до 10 %. (рисунок 3.2).

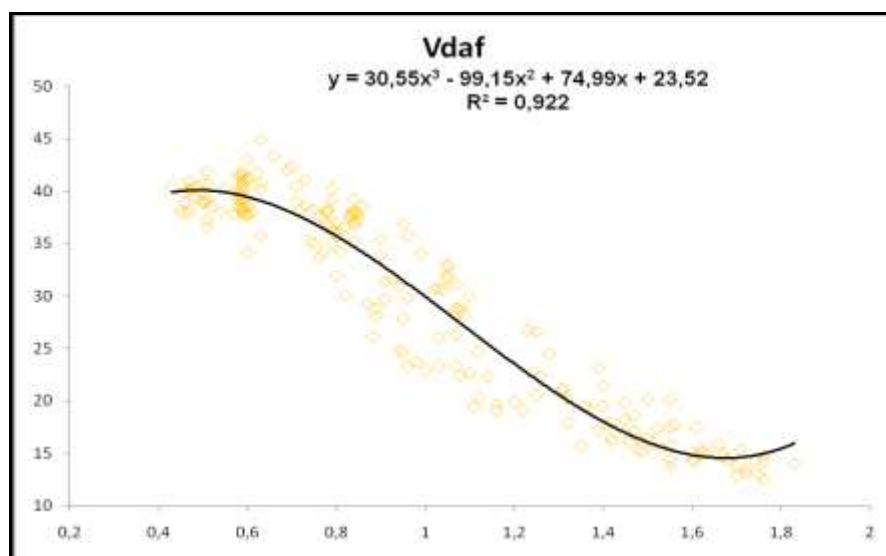


Рисунок 3.2 – Общая зависимость выхода летучих веществ от отражательной способности витринита спекающихся и неспекающихся углей

Для спекающихся углей с толщиной пластического слоя (мм) от 32 до 0 (5 по корольку) в диапазоне $Ro,r = 0,69 - 1,78 \%$ и выхода $V^{daf} = 42 - 13,5 \%$ полиномная взаимосвязь второй степени (рисунок 3.3).

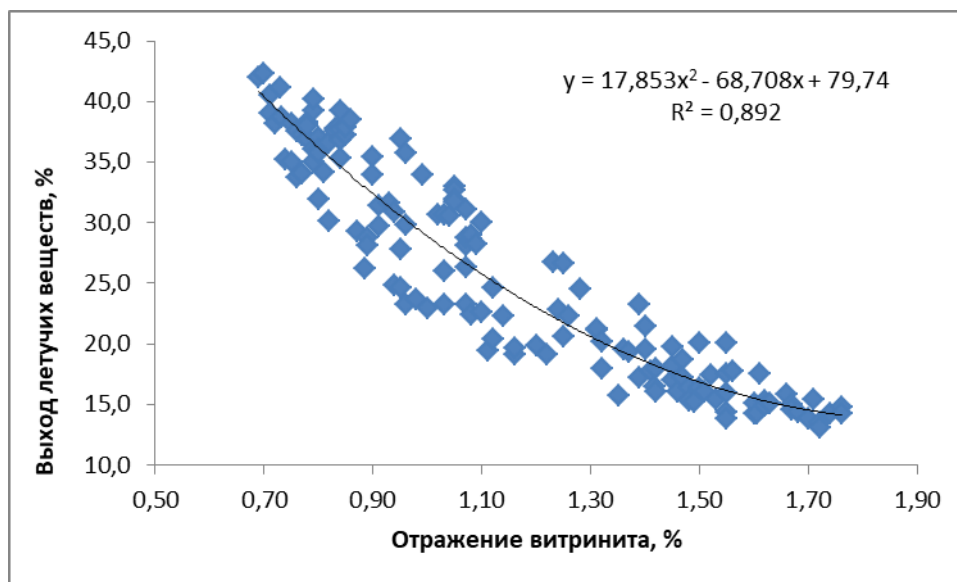


Рисунок 3.3 – Зависимость выхода летучих веществ от отражательной способности витринита коксующихся углей

Существующую особенность углей автором (Арцер, 1999) предложено прогнозирование показателей отражения витринита и выхода летучих веществ на основе взаимосвязи показателей Ro , V^{daf} и $\sum OK$ (рис. 3.3) в виде регрессионных уравнений:

$$Ro = 3,401 - 0,1661V^{daf} + 0,004553(V^{daf})^2 - 0,0000507(V^{daf})^3 - 0,00025V^{daf}\sum OK + 0,000538\sum OK \quad (1)$$

$$V^{daf} = 34,31 + 65,77 Ro - 112,54 Ro^2 + 55,44 Ro^3 - 9,245 Ro^4 - 0,298\sum OK + 0,146\sum OK Ro \quad (2)$$

Также известны взаимосвязи между такими классификационными параметрами, количество $\sum OK$ и y , что позволяет, в какой-то мере, оценить

взаимосвязь между гелификацией и восстановленностью углей. Это видно по результатам проведенного комплекса ГРР и исследований на участке Тайбинский исследований с помощью ИК спектрометрических показателей (Пм – метаморфизации, Пг – гелификации, Пв – восстановленности) был установлен характер изменения генетических свойств кемеровской и ишановской свиты Кузбасса Прокопьевско-Киселевского месторождения, в стратиграфическом разрезе угленосной толщи показано на рисунке 3.4.

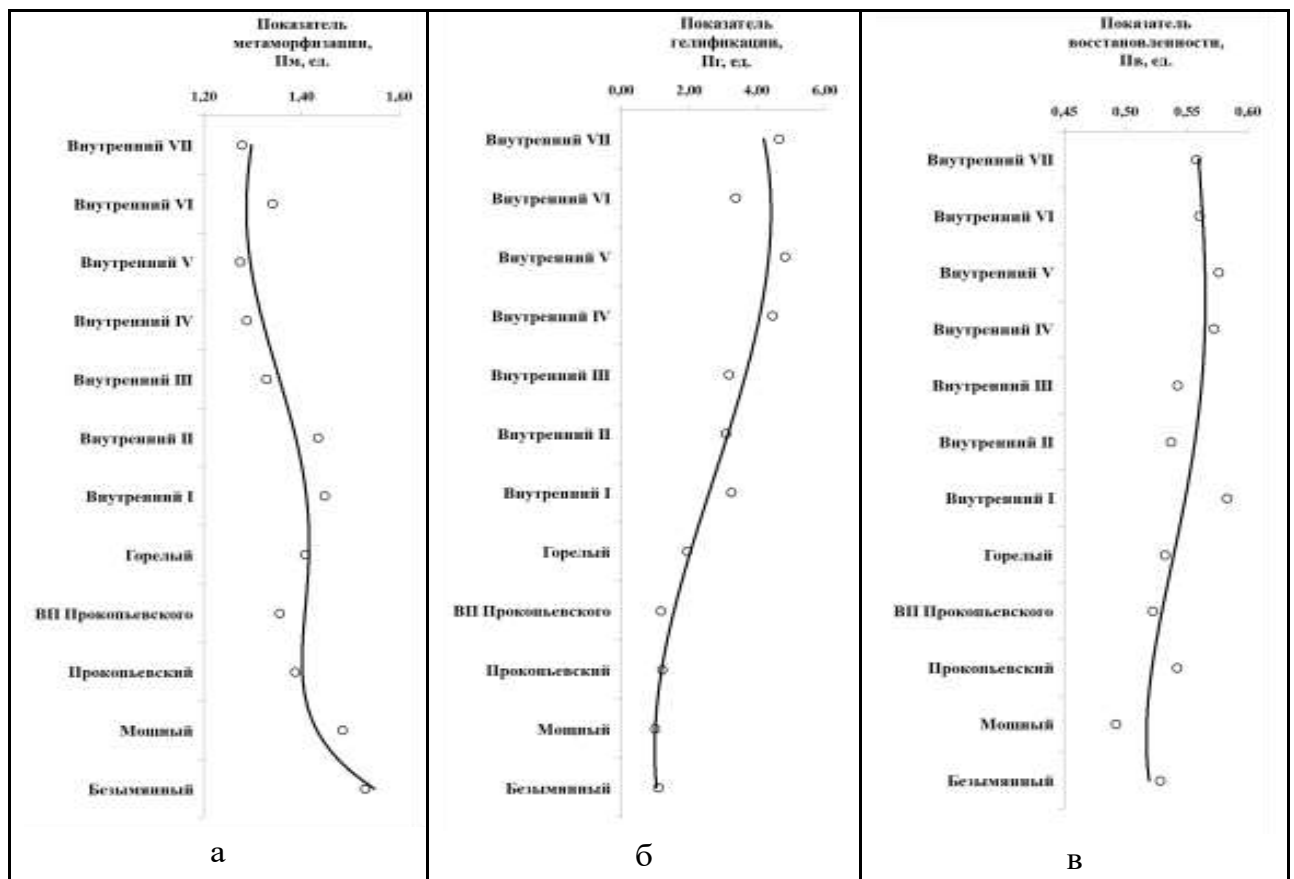


Рисунок 3.4 – Оценка характера изменения генетических свойств углей в стратиграфическом разрезе угленосной толщи кемеровской и ишановской свиты Кузбасса с применением ИК-спектроскопии

Поэтому при изучении градиента изменения метаморфизма по простиранию, падению и в разрезе угленосной толщи необходимо учитывать характер изменения генетических свойств углей, связанного с влиянием восстановленности, и обусловлено это в низких значениях показателя R_o , r нижележащего пласта, чем вышележащего пласта.

Они также отмечают, что мацеральный состав, как правило, изменяется слабо по падению и простиранию, но в стратиграфическом разрезе угли пластов заметно различаются по классификационному параметру - ΣOK (сумма фюзенизированных компонентов), тем самым фиксируется изменчивость седиментационного вектора углеобразования – гелификация/фюзенизация. Однако, в процессе гелификации всегда есть признаки проявления восстановленности, которая отражает биогеохимический характер гелификации, угли пластов также различаются и возникает явление «нарушение правила Хильта», когда значения показателя Ro, r нижележащего пласта меньше, чем вышележащего пласта (рисунок 3.3).

Учитывать восстановленность углей необходимо для правильного установления марки, но особенно для технологических групп, т.к. она оказывает сильное влияние на величину пластического слоя (Панченко, 1967). Авторы В.П. Иванов и А.С. Станкевич (2003) на основе математических моделей регрессионного анализа предложили следующие уравнения:

$$V^{daf} = 58,8818Ro - 63,338Ro^2 + 18,014Ro^3 + 0,297CK - 0,108(Ro \cdot CK) + 5,749Pв - 0,090(Ro \cdot CK \cdot Pв) - 1,791Ko + 4,896 \quad (3)$$

$$y = 498,054Ro - 371,90Ro^2 + 89,248Ro^3 + 0,4603CK - 0,215(CK \cdot Ro) + 18,973Pв - 24,95Ko - 210,567 \quad (4).$$

Данные уравнения (3) и (4) применимы в диапазоне классификационных показателей: Ro от 0,7 до 1,7 %; CK от 20 до 90 %; V^{daf} от 14 до 40 % и y от 6 до 30 мм, где сумма CK (спекающихся компонентов) принимается как обратная величина ΣOK , при степени окисленности (Ko) 0,41-1,2 ед. и степени восстановленности ($Pв$) 0,35-0,70 ед. Эти уравнения позволяют учитывать влияние восстановленности и окисленности углей.

3.1.2 Особенности классифицирования углей

Маркировка углей опирается на классификацию углей ГОСТ 25543 (существующий ГОСТ 25543-2013), в котором (п.7 Методические рекомендации ГКЗ) даётся номенклатура основных показателей. В нём для рабочих пластов регламентировано определение марки и технологической группы угля, как основных критериев направления использования, в последующем нормируемых стандартами, техническими условиями и кондициями.

В Методических рекомендациях ГКЗ (п. 41) рекомендовано, что «при геометризации по пласту контуров различных марок (технологических групп) углей» расстояние между разведочными скважинами не должно превышать 300-500 метров». В пункте 47 «порядок и объём контроля осуществляется в установленном порядке», но в каком не указывается, зато данные «опробования угля в горных выработках и скважинах» рекомендовано проводить по зольности, выходу летучих веществ, толщине пластического слоя, массовой доле общей серы, выходу концентрата и по высшей теплоте сгорания. При этом из основных направлений промышленного использования предусматривается изучать свойства углей для: пылевидного сжигания, коксования, газификации, полукоксования, производства термоантрацитов, получения буроугольного полукокса и получения щелочных реагентов, а также должна определяться обогатимость и брикетируемость углей (бурых, каменных) и антрацитов (п.п.49-52, п.п.54-57).

В пунктах 71-72 отмечается, что запасы подсчитываются по подсчётным блокам, которые должны характеризоваться геологическими параметрами, количеством и качеством угля, учитывая группу сложности в блоках для разных категорий запасов. В п.74 декларативно указано, что запасы подсчитываются отдельно: по степени разведанности, технологическим группам и сортам, и их экономическому значению (балансовые и забалансовые запасы).

На практике для подсчёта запасов используются основные параметры разведочных кондиций, изложенные в п.14 обозначенных рекомендаций:

мощность пласта и прослоев, зольность, теплота сгорания по бомбе, кажущая плотность углей. Однако, при изучении угля первоочередным всегда являются показатели A^d , Q_6^{daf} , также параметры V^{daf} , R_0 для разделения углей по видам: угли бурые, каменные и антрациты, а также показатели ΣOK , W_{max}^{af} и T_{sk}^{daf} , y , V^{daf} , V_v^{daf} , A_R для определения марки. Предлагаемый подход позволяет проводить разведку на основе грамотного заложения сети опробования, достоверных данных исследований углей, тем самым решая описанные выше проблемы.

В сложившейся практике не существует блокировки и учёта в ГБЗ разделения по технологическим группам (т.е. сортам), а только по маркам (т.е. типам). В связи с этим как устанавливать кондиции по показателям ΣOK , W_{max}^{af} и T_{sk}^{daf} , y , V_v^{daf} , A_R для определения марки и технологической группы в документе (Методические рекомендации, 2007) не указано, но в п.74 констатируется, что может быть «использован перечень попутных компонентов отдельно (по технологическим типам полезных ископаемых), по которым необходимо подсчитать запасы, но каким не уточняется. При этом рекомендуется устанавливать специальные требования в разделении углей по качеству по критериям (спекаемость, содержание смол, серы, фосфора и т.д.) под которым, вероятно, предусматривались показатели, по которым должна устанавливаться марка и технологическая группа.

В п.24 рассматриваемого документа однозначно указывается, что подсчёт запасов ведётся в соответствии с рекомендуемыми параметрами постоянных кондиций. В п.25 регламентируется установление подвариантных контуров пространственного пласта и по каждому варианту подсчитываются запасы углей с распространением их по пластам, категориям, маркам, технологическим группам и даётся усреднённая характеристика качества углей по основным показателям.

В пункте 16 **«Классификация запасов и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых»**, говорится о необходимости при квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя использовать количественные и вероятностные

оценки точности и достоверности основных подсчётных параметров. То есть, для основных подсчётных классификационных параметров в качестве дополнительного инструмента может выступать категорийность запасов. Однако в Методических рекомендациях по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых горючих ископаемых. Угли и горючие сланцы это требование к подсчёту запасов по маркам и технологическим группам носит *размытый и декларативный характер*, а регламентация по определению кондиционных величин показателей R_0 , ΣOK , V^{daf} , y для разделения углей по маркам и технологическим группам *вообще отсутствуют*.

Дополнительно отметим, в п. 73 только указывается, что при подсчёте запасов необходимо учитывать «данные об изменчивости морфологии, условий залегания, внутреннего строения, мощности и качестве углей, горно-геологических условиях горных работ», правда, с уточнением – «полученные в результате эксплуатационной разведки». В п.74 предлагается *«соотношение различных технологических групп и сортов углей»* в подсчётных блоках, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически» (только в блоках категории C_2). Но ведь это аналогия с рудами, где есть «технологическая группа» и «сорт» - слова-синонимы, а руды и угли являются твёрдым полезным ископаемым.

Тем не менее, в практике использования ГОСТ 25543 оказалось, что влияние восстановленности приводит к затруднениям при классифицировании углей по маркам и технологическим группам. Это хорошо видно на примере газового угля с характеристикой: $R_{o,r} = 0,79 \%$, $V^{daf} = 38,0\%$, $y = 13$ мм, при соответствующих погрешностях определения значений показателей 0,03%, 0,6%, 2мм внутри лаборатории можно получить 2 марки и 4 технологические группы (таблица 3.1). В итоге по марке ГЖО угли будут являться коксующимся углям, а по марке Г – энергетическими углями. С точки зрения коксующих свойств между ними не будет технологического различия, зато по ставкам НДС они будут различаться: ГЖО – 57 рублей, Г – 24 рубля (Крекова, 2010).

Таблица 3.1. – Пример влияния погрешности определения на установление марки и технологической группы газового угля (Охотников, 2020)

Марка, технологическая группа	Класс R_o , %	Тип V^{daf} , %	Подтип у, мм	Код
Г, 1Г	0,77	38,8	12	0713812
Г, 2Г	0,77	38,8	14	0713814
ГЖО, 1ГЖО	0,77	37,2	12	0713612
	0,77	37,2	14	0713614
ГЖО, 2ГЖО	0,82	37,2	12	0813612
	0,82	37,2	14	0813614

Автором данной работы был выполнен критический анализ влияния восстановленности на установление марочного состава углей и результаты проиллюстрированы на рисунке 6, где показана специфика размывания границ между марками. Это обстоятельство создаёт сложности установления направления использования углей, особенно выделение коксующихся углей при отсутствии лабораторных испытаний по определению коксующести углей (ГОСТ9521-2017). В связи с этим предлагается по показателям R_o, r , V^{daf} , у проводить оценку технологической систематизации для выделения коксующихся углей среди спекающихся углей с последующим разделением на коксообразующие и технологические углей

На рисунке 3.5 показана особенность наложения марок друг на друга при классифицировании углей по ГОСТ 25543-2013, а он, заметим, для всех бассейнов.

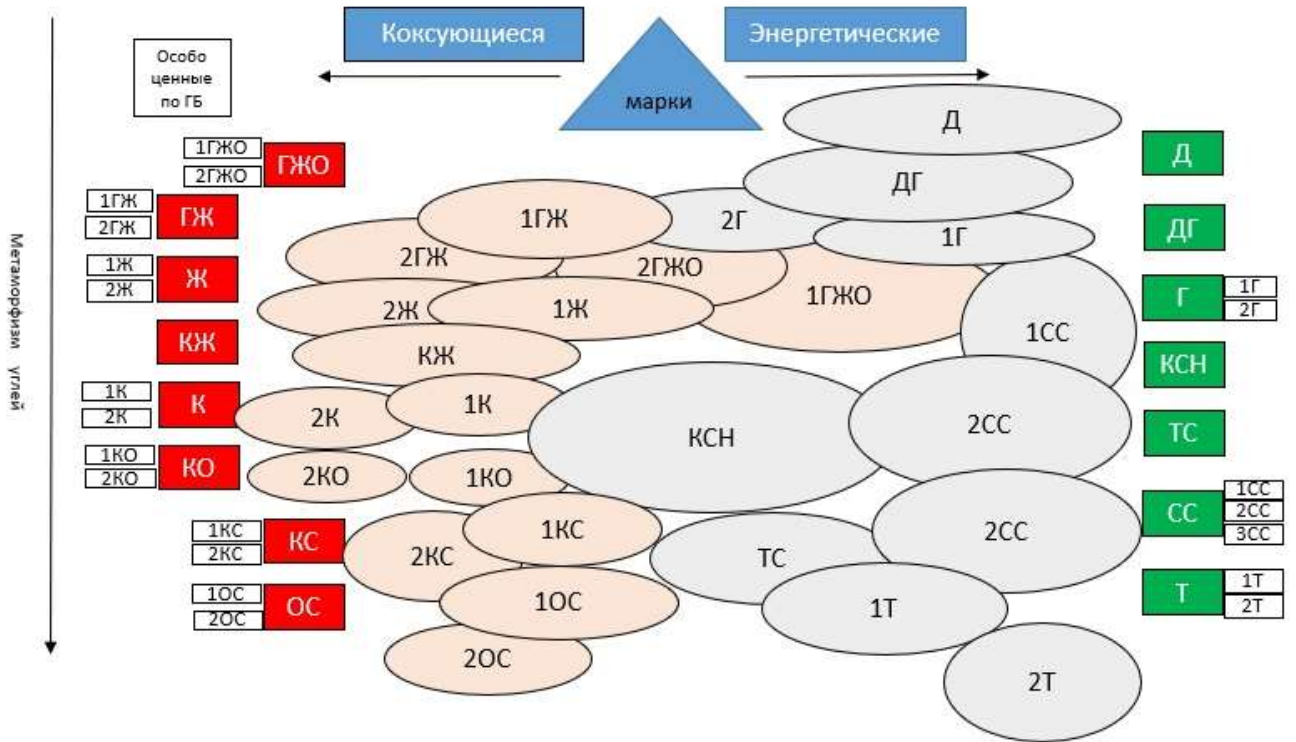


Рисунок 3.5 – Специфика наложение границ между марками углей
(авторская иллюстрация)

На этом же рисунке выделяются марки, которые в ГБЗ обозначают особо ценные для коксования угли, согласно Постановлению Правительства № 486 от 20 июня 2011г., напротив них – марки углей для энергетики. Также продемонстрировано разделение углей на технологические группы. Видно, что наложение марок друг на друга приводит к размыванию границ между ними, учитывая при этом допустимые погрешности определения классификационных показателей. Вот почему для разделения коксующихся углей по технологическим группам необходимо проводить лабораторные коксования, либо применять технологическую систематизацию, которая создана с учётом результатов коксования углей.

По мнению автора, в методических документах не просматривается алгоритм действий, который бы предусматривал:

- специализацию углей по технологическим группам;

- определение количества точек с достоверными данными по результатам предыдущей разведки;
- порядок заложения новых точек в разведочной сети для выделения марочных границ;
- наряду с определением подсчётных блоков последовательность выделения блоков по маркам их увязки между собой;
- использование известных закономерностей между классификационными параметрами ГОСТ 25543-2013 и между геологическими факторами, например, проявлением метаморфизма в углях пластов по простиранию, падению и в разрезе угленосной толщи, и показателя отражения витринита.

В целом же, формирование такого взгляда подтверждается статьёй 23 Закона РФ «О недрах», где в пункте 2 прописано требование к рациональному использованию и охране недр, а именно, **«обеспечение полноты геологического изучения, рационального комплексного использования и охраны недр»** (Закон... "О недрах", 1995). Сюда же, в настоящее время оценка недр производится в соответствии с Приказом Минприроды России от 30.09.2008 №232 согласно методике по определению стартового размера разового платежа за пользования недрами (Приказ № 232 Методика расчета минимального (стартового) размера разового платежа за пользование недрами, 2008). Размер платежа зависит от величины суммы налога на добычу полезных ископаемых, категориальности запасов, количества запасов.

В итоге, государство ввело процедуру - лицензирование объекта, который оценивается по критериям – категория разведанности запасов, ставка НДПИ, объем полезного ископаемого. Поэтому в работе будет проведён анализ каждого фактора, влияющего на объективность оценки в части предмета торгов на участки под разработку, передачу запасов из государственных недр и применение НДПИ при добыче полезного ископаемого.

3.2.2 Особенности оценки спекающих и коксующих свойств углей по маркам

Термин «коксующийся уголь» является производным от термина «коксование», в энциклопедиях даётся толкование, что коксование это процесс высокотемпературной переработки органических веществ (угля) без доступа воздуха для получения твёрдого углеродистого остатка (кокса).

Коксующиеся угли, предназначенные для производства кокса, должны обладать *спекаемостью* это свойство угля переходить при нагревании без доступа воздуха в пластическое состояние с образованием связанного нелетучего остатка. Поэтому спекающиеся угли имеют *спекающую способность*, это когда в установленных стандартом условиях измельченный уголь спекает инертный материал с образованием связанного нелетучего остатка (Охотников, 2019).

На первый взгляд термины спекаемость и спекающая способность не различимы, т.к. происходит образование связанного нелетучего остатка, но как отмечалось выше спекаемость это свойство угля взаимодействовать с другими углями при нагревании - поведение, а спекающая способность это генетическое свойство угля, отличающего его от других углей - преимущество. В том и другом случае эти свойства определяются показателем «толщина пластического слоя» (ГОСТ 17070) это максимальное расстояние между поверхностями раздела: уголь — пластическая масса — полукокс, определяемое при пластометрических испытаниях угля в установленных стандартом условиях. Получается, что при нагревании в стандартных условиях связанный нелетучий остаток является пластометрическим корольком, который по технологическим критериям соответствует полукоксу или среднетемпературному коксу.

В практику исследования коксующихся углей введено понятие «коксуемость угля», т.е. по аналогии со спекаемостью, это поведение угля совместно с другими углями образовывать кокс. Наряду с этим отсутствовала его способность переходить в кокс индивидуально, поэтому в углехимическую практику были введены термины «коксующая и коксообразующая способность» (Иванов, 2008).

Коксующая способность (K^{KC}) – это свойство измельчённого угля спекаться и обеспечивать установленную когезионную прочность и выход кокса. Он определяется, как и показатель спекающейся способности (y), по ГОСТ 1186–87, но дополнительно анализируется выход летучих веществ угля и пластометрического полукокса. Коксообразующая способность ($K^{ПТК}$) – это свойство измельчённого угля коксоваться с образованием установленной прочности тела кокса, для этого проводится испытание структурной прочности тела пластометрического полукокса по ГОСТ 9521–2017 «Метод определения коксующести» в углях и угольных смесях (Иванов, 2008).

Определение в углях коксующей и кокс образующей способности необходимо для оценки коксообразования ископаемых углей. В первом случае по показателям коксующей и кокс образующей способности оцениваются возможности ископаемого угля принадлежать к коксующимся углям, во втором случае оценивается угольное сырьё в качестве исходного материала для коксования и производства металлургического кокса. Во втором случае параметр «коксующесть угля» следует применять для оценки ископаемых углей как угольного сырья пригодного в качестве угольного компонента в шихте при производстве металлургического кокса. (Охотников, 2020).

Таким образом, для отнесения ископаемого угля к группе коксующихся углей необходимо определять спекающие, коксующие и коксообразующие свойства, а для переработки обогащённого угольного сырья технологией слоевого коксования при производстве металлургического кокса дополнительно определяется коксующесть углей (ГОСТ 17070).

Автор (Иванов, 2018) отмечает, что отнесения к коксующимся углям возможно только при наличии данных об их коксующих свойствах и это следует делать проведением лабораторных коксований, которые позволяют среди каменных углей выделять угли пригодные для производства металлургического кокса с заданными параметрами. Отсюда следует, не все марочные угли пригодны для слоевого коксования, тем более для производства металлургического кокса. И

не случайно ГОСТ 25543-2013 в пунктах 8.2 и 8.3 предусматривает уточнение марки угля при разработке угленосных пластов месторождения путём корректировки одного из классификационных параметров или в целом проведение корректировки при отборе пластовых проб в забое.

Марка как критерий разделения углей не вполне отвечает запросам рынка по их дифференциации (рисунок 3.2), для учёта сырьевой базы коксования и определения ставки за пользование недрами. Поэтому постоянно возрастает потребность в определении статуса углей по ценности, но чтобы вводить критерий «ценность углей», необходимо устранить главное противоречие – это несогласованность между классификациями ископаемых углей, а именно, между ГБЗ и НДПИ за пользование недрами касательно углей марок ДГ, Г, КСН, ТС, СС.

В государственном балансе запасов они учитываются как коксующиеся угли, в классификации для налогообложения угли марок ДГ, Г, КСН, ТС, СС определяются *как прочие*. В сырьевой базе коксования угли марок ДГ и СС исключены для производства металлургического кокса, но на рынке коксующихся углей слабоспекающиеся угли (Г, КСН, ТС), которые позиционируются под техническим сленгом «угли двойного назначения».

Рассмотрим угли марок ГЖО, ГЖ, Ж, КЖ, К, КО, КС, ОС. Они характеризуются как коксующиеся угли, но заметим, термин «коксующийся уголь» не стандартизован. Тем не менее, им легко оперируют в стандартах и законодательных актах и с достаточно вольным толкованием, поэтому, рассмотрим некоторые аспекты этого толкования и внесём ясность несогласованности классификаций.

В первую очередь, угли марок ДГ, Г, КСН, ТС, СС являются слабоспекающимися углям, к ним вполне обоснованно относится уголь марки КС и угли марок ГЖО и ОС только отдельных технологических групп (2ГЖО) и (2ОС), которые относятся к коксующимся углям. Во-вторых, в государственном балансе запасов (ГБЗ) к «углям ценных марок» относятся угли марок ГЖ, Ж, КЖ,

К, ОС относятся, но в их число не входят угли марки КО. В документе не указывается, по каким соображениям делается эта дифференциация, тем более марка это унифицированное обозначение группы углей (ГОСТ 25543), а обозначение не может быть ценным.

Сюда же добавим, в угли марок ГЖ и Ж, относящиеся к технологическим группам 1ГЖ, 1Ж с позиции коксующей способности и коксуетости не могут претендовать на столь высокий статус ценности. К ним же относятся угли марки КО (1КО) и ОС (2ОС). Исключением для данных углей может являться их степень восстановленности, однако, как было установлено в газовой-жирных углях (Охотников, 2017) ее наличие не всегда даёт положительный эффект при коксовании углей.

В АО «Восточном научно-исследовательском углехимическом институте» был разработан ряд методик «Методика для определения коэффициентов технологической ценности угольного сырья» (2009) и «Методические рекомендации по дифференциальной идентификации углей ТН ВЭД» (2011) для разделения углей одной марки или близких по технологическим параметрам (V^{daf} , у). Оценка коксуетости углей по оптимальному составу угольных компонентов шихты, обеспечивающему максимальную «горячую» (CSR) и «холодную» (M40) прочность кокса, является основой в методологии коксохимии при подборе углей и их значимости в производстве доменного кокса.

По такому же принципу в Кузнецком центре ВУХИНа была разработана модель прогноза коксуетости углей на основе химико-петрографических показателей (Станкевич, 2015), которая с 2008 года стала применяться как дополнительный метод в подборе углей к лабораторным коксованиям испытываемых углей пластов на стадии их разведки и доразведки. Данная методика прошла апробацию на месторождениях Кемеровского, Ленинского, Беловского, Ерунаковского, Терсинского, Прокопьевско-Киселевского, Кондомского, Мрасского районов Кузбасса. Позже, модель прогноза была дополнена расчётом реакционной способности кокса.

Поэтому, когда речь заходит о ценности углей по коксующим свойствам углей, есть предложения для решения этой проблемы. Существует методика определения технологической ценности углей для производства металлургического кокса, состоящая из определения коксующей и коксообразующей способности углей и их коксуюмости с другими углями. Но проблема гораздо шире и касается определения марочной принадлежности углей, что часто становится предметом разбирательства между производителем и потребителем. Она также касается необходимости выделения технологических групп углей в качестве критериев для подсчёта запасов на стадии разведки с выделением их технологической специализации как коксующихся углей.

Помимо коксующихся углей в Печорском бассейне и на месторождениях Дальнего Востока (ГОСТ 32353-2013, ГОСТ 32991-2014) выделяются энерготехнологические угли. Но такие угли не выделяются в Кузнецком бассейне, на что обращают во внимание авторы (Иванов и др., 2015), предлагая деление углей Кузбасса на коксообразующие, технологические, энерготехнологические и топливные угли.

Автором работы был сделан сравнительный анализ по толщине пластического слоя технологической систематизации углей по маркам применительно ГОСТ 8162-79, который сориентирован для выделения коксующихся углей при подсчёте запасов существующих и новых месторождений (рисунок 3.6). Подобный анализ был проделан применительно ГОСТ 25543-2013, который, несомненно, более чётко дифференцирует угольные запасы Кузбасса по маркам и технологическим группам (рисунок 3.7).

Становится очевидным использование генетических показателей R_0 , $\sum OK$ и технологических показателей V^{daf} и u позволяет делить угли по **видам** (коксующиеся и энергетические) и **типам** (коксобразующие, технологические, энерготехнологические и топливные) на основе толщины пластического слоя

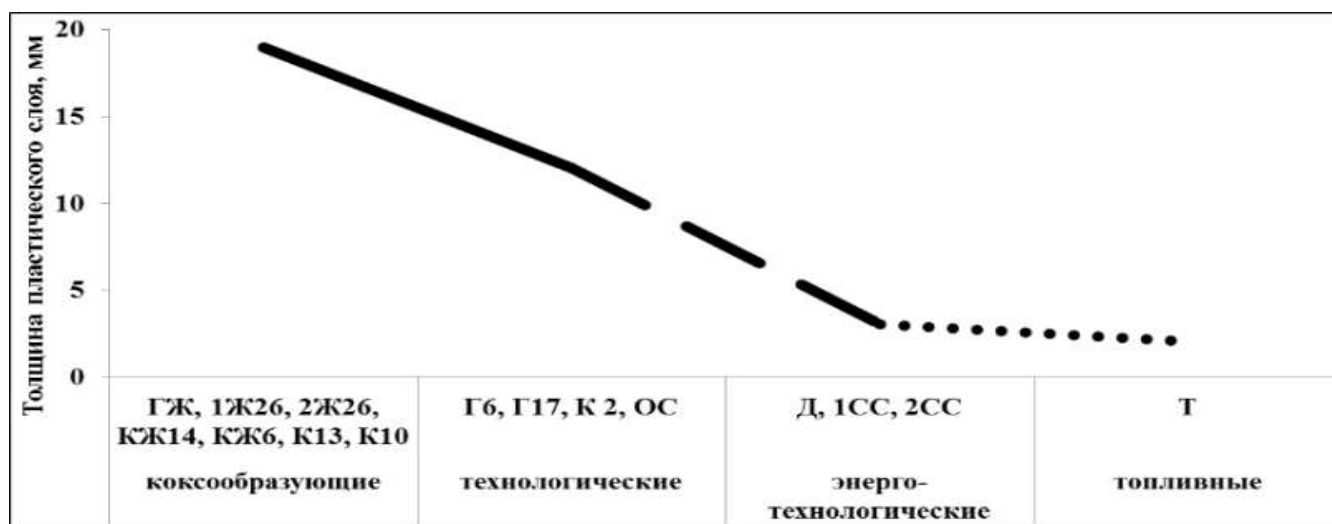


Рисунок 3.6 – График распределения типов запасов по технологической систематизации применительно ГОСТ 8162-79 по толщине пластического слоя.

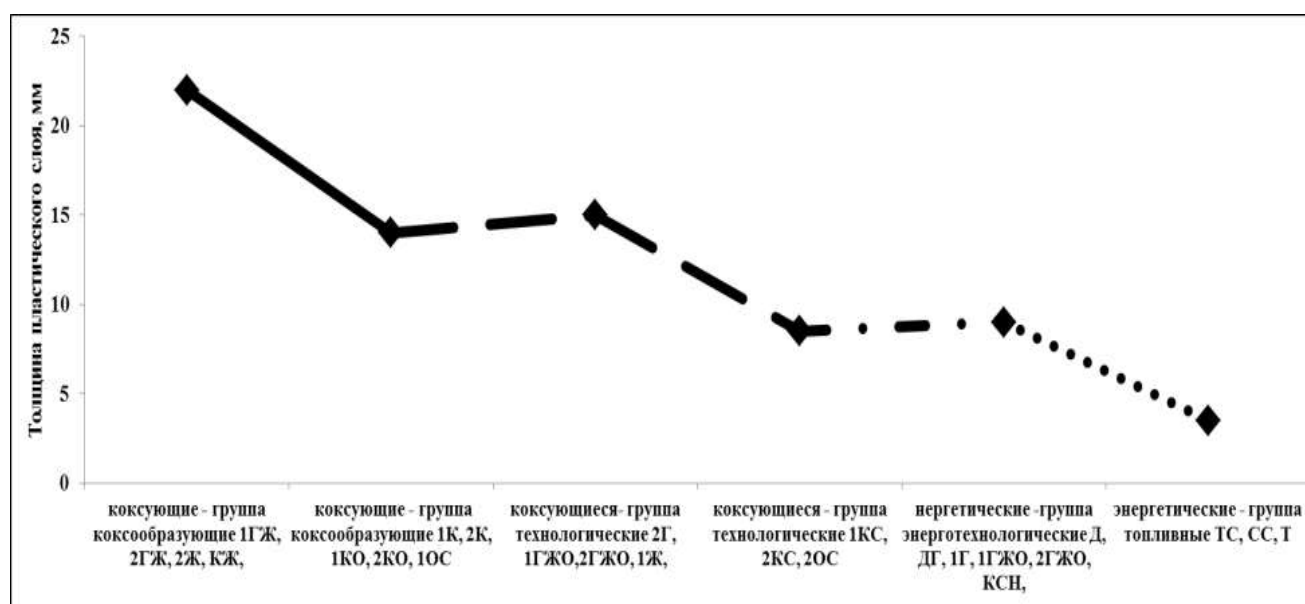


Рисунок 3.7 – График распределения типов запасов по технологической специализации применительно ГОСТ 25543-2013 по толщине пластического слоя

Сравнение классификаций по маркам ГОСТ 8162-73 и технологическим группам и ГОСТ 25543-2013 по R_o, r , V^{daf} , y (таблица 3.2) позволило установить, что классу, типу и подтипу (ГОСТ 25543-2013) согласуются марки (ГОСТ 8162-73) в интервалы ограничительных величин показателей, которые заимствованы у автора (Иванов, 2018). Выясняется, что основная направленность углей

Кузнецкого бассейна технологическая, значит, граничные величины указанных параметров обеспечивают деление углей по технологическим группам.

Таблица 3.2. – Результаты сравнения ГОСТ 8162-73 и ГОСТ 25543-2013 по технологическим группам

Класс, R_0 , %	Тип, V^{daf} , %	Подтип, у, мм	Технологические группы ГОСТ 8162-79	Технологические группы ГОСТ 25543-2013
08-10 11-14	30-36 20-30	18-26 10 и выше	ГЖ, 1Ж26, 2Ж26, КЖ14, КЖ6, К13, К10	1ГЖ, 2ГЖ, 2Ж, КЖ, 1К, 2К, 1КО, 2КО, 1ОС
06-07 08-09 11-13 14-19	36-40 16-28	13-17 08-09	Г6, Г17, К2 ОС	2Г, ГЖО, 2ГЖО, 1Ж, 1КС, 2КС, 2ОС
09 и ниже 10 и выше		12 и ниже 07 и ниже	Д, 1СС, 2СС, Т	Д, ДГ, 1Г, 1ГЖО, 2ГЖО, КСН, ТС, СС, Т

В итоге, дифференцирование углей по технологическим параметрам (V^{daf} и $у$) позволяет классифицировать угли по технологическим группам, тем самым более детально оценивать промышленно-энергетическую специализацию углей, как следствие – это правильно установленное деление углей по направлению использования в границах лицензионного участка.

В целом же, применяя классификационные параметры (ГОСТ 25543-2013): генетический показатель (R_0) и технологические параметры выход летучих веществ (V^{daf}) и толщина пластического слоя (y), можно объективно разделять угли по их технологической специализации (таблица 3.3).

Таблица 3.3. – Ограничительные величины для установления направления использования углей для глубокой переработки

Класс, R_0 , %	Тип, V^{daf} , %	Подтип, y , мм	Технологические группы	Марочный состав запасов
08 – 10 11 – 14	30 – 36 20 – 30	18 – 26 10 и выше	1ГЖ, 2ГЖ, 2Ж, КЖ, 1К, 2К, 1КО, 2КО, 1ОС	Коксующиеся (коксообразующие) ГЖ, Ж, КЖ, К, КО, ОС
06 – 07 08 – 09 11 – 13 14 – 19	36 – 40 16 – 28	13 – 17 08 – 09	2Г, 1ГЖО, 2ГЖО, 1Ж, 1КС, 2КС, 2ОС	Коксующиеся (технологические) Г, ГЖО, Ж, КС, ОС
09 и ниже 10 и выше		12 и ниже 07 и ниже	Д, ДГ, 1Г, 1ГЖО, 2ГЖО, КСН, ТС, СС, Т	Энергетические Д, ДГ, Г, КСН, ТС, СС, Т – энерготехнологические (зола, сера, фосфор, азот) – топливные

Генетические особенности углей других бассейнов и наработки прошлых лет в классификации углей (Отчёт ВНИГРИуголь, 1986) подтверждают выбранный подход, который можно развивать для оценки использования углей в других технологиях глубокой переработки. В частности, в работах (Охотников, 2022;

Иванов, 2015) отмечались, что нужно учитывать международную практику по видам глубокой переработки: (1) коксование (слоевое и кусковое); (2) металлургическое производство (пылеугольное топливо (ПУТ), восстановление); (3) индустрия и энергогенерация (неметаллургическое производство, электростанции); (4) топливное хозяйство (коммунальный сектор).

В связи с этим предлагается технологическая систематизация как дополнение к стандарту (ГОСТ 25543-2013) для выделения среди коксующихся углей: *коксаобразующих* и *технологических* углей, а среди энергетических углей – *энерготехнологических* и *топливных* углей, учитывая их деление по классу, типу и подтипу (табл. 3.3). В этом случае выделение марочных и технологических границ при подсчёте запасов на стадии разведки и эксплуатации должно осуществляться по ГОСТ 25543-2013 и предложенного деления по технологическим группам. Такой подход необходим для устранения несогласованности классификации углей по ГОСТ 25543 и классификации НДПИ, он снижает экономические риски на стадии реализации продукции при учете запасов и в процессе добычи. Он также дополняет в рекомендации ГКЗ (схема заложения точек опробования в разведочной сети) однозначность и достоверность определения марки и направления использования, и задействовать, в полной мере, технологические группы.

Таким образом, приведённые доводы по выявлению особенностей проявления генетических и технологических свойств углей пластов кольчугинских и балахонских отложений Кузбасса и зависимостей между классификационными показателями: отражательная способность витринита (R_o,r), выход летучих веществ (V^{daf}), толщина пластического слоя (y), и проявления восстановленности в углях позволяют утверждать, что изложенная в положении цель, достигнута. Детальное изучение углей в границах лицензионного участка достижимо с применением уравнений и предложенного деления углей по технологическим группам в качестве дополнительного их классифицирования.

ГЛАВА 4. МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ И ВЫДЕЛЕНИЯ БЛОКОВ ПО МАРКАМ ДЛЯ ПОДСЧЁТА ЗАПАСОВ НА ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ

В главе 1 изложены результаты критического анализа существующих рекомендаций и предложений по плотности разведочной сети на стадии разведки. Отмечено, что в границах лицензионного участка под разработку остаются вопросы:

- определение количества точек опробования в разведочной сети для подсчёта углей пластов по маркам и установления их границ и зон марочного изменения,
- оценки достоверности марочного состава углей и связанного с ним опробования при передаче части недр с государственного баланса на баланс недропользователя,
- разделения углей по технологическим группам для обоснованного выбора направления использования углей.

В связи с этим второе защищаемое положение сформулировано следующим образом. **Разработан алгоритм расчёта количества опорных точек и плотности разведочной сети, обеспечивающий выделение границ и блоков по маркам, установление зон изменения марочных углей и направления их использования, для пересчёта запасов при постановке на баланс недропользователя.**

С начала 70-х годов XX века начинают издаваться руководства по методике разведки угольных месторождений Донбасса, Кузнецкого, Печорского, Подмосковного бассейнов (Методика поисков и разведки угольных месторождений Печорского бассейна, 1981; Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна, 1978; Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна, 1972). В этих работах обобщен и накопленный материал по геологической характеристике различных месторождений и методике их изучения. В создание методик разведки большой

вклад в изучении качества углей внесли К.В. Миронов, В.Р. Клер и Э.М. Пах, В.Я. Коудельный (Пах, 1969; Коудельный, 1972; Миронов, 1977; Клер, 1975; 1977). Весомый вклад сделал Э.М. Сендерзон своими исследованиями в создании научного представления в разведке каменных углей (Угольная база России, Т. 6, 2004.).

Ранее уже неоднократно упоминались такие документы, как Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых горючих ископаемых (Угли и горючие сланцы), Методические рекомендации ГКЗ, Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна, Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчёта запасов месторождений твёрдых горючих ископаемых. , Они предназначены для проведения геологической разведки, обеспечивающей полноту и достоверность изучения геологического строения месторождений. Но в них не идёт речь об алгоритме, направленного на обеспечение высокой степени геологической детализации объекта, как части месторождения, и повышения достоверности качества и свойств ископаемых углей пластов для получения угольной продукции промышленного назначения. Поэтому при проектировании ГРР в Кузбассе недропользователь руководствуется этими документами и, проводя по результатам ГРР маркировку углей, и, опираясь на современный ГОСТ 25543, он лишь формально проводит приёмку запасов на свой баланс.

4.1. Существующие принципы и обоснование разведочной сети для установления границ марки угля

Итак, рассмотрим детально существующие руководства и рекомендации по проведению ГРР. На практике установление и обоснование марочной границы проводится на общепринятых правилах выделения контуров рудных тел по кондиционному содержанию полезного компонента. Для углей полезным компонентом является «чистый уголь» и под этим термином понимается уголь с породными прослоями менее 0,05 м. Поэтому часто «чистый уголь» имеет

зольность более 10,5 %, предусмотренную для обогащённого угля, следовательно, назвать такое углефицированное вещество чистым углём можно весьма условно.

Касательно углей Кузнецкого бассейна, определение границ марок выполняется при использовании документа (Методика..., 1978) согласного с рекомендациями ГКЗ. В требованиях методических рекомендаций ГКЗ к изученности горно-геологических условий применительно к качеству углей рекомендуется определять коксующиеся и энергетические угли по ряду показателей, сведённых в единую таблицу. При этом запасы следует разделять по маркам и технологическим группам, но не объясняется, как это делать при определении категории запасов с достаточной степенью изученности в привязке к ним, в то же время требование о наличии достоверности данных к мощности и строению пласта расписано подробно.

В бассейновой методике ГРП этот момент представлен в следующей трактовке.

Границы марок выводятся условным графическим построением, в частности, «категория определяется с учётом промышленной пригодности углей». Переход от одной марки к другой постепенный и обычно приходится выделять переходную зону, но в середине её для подсчёта запасов проводят условную границу марок. В этих зонах категории снижаются с А до В, с В до С₁. Поэтому эти границы не могут быть использованы границами подсчётных блоков. (Методика..., 1978). Из этого следует, что установление марочных границ носит условный характер, и переход угля пласта из одной марки в другую связан с понижением категории запаса.

Основу авторского подхода по определению марочных границ можно представить следующим образом. Задачей разведки в границах лицензии является детальное изучение геологического объекта, состоящего из угленосных пластов, наличия разрывных нарушений, зоны окисления углей, а также геологической и физико-механической характеристики вмещающих пород с учётом гидрогеологических условий, и качество ископаемых углей, включающее

определение коксующих свойств и других технологических и энергетических свойств для технологий глубокой переработки. По мнению автора, приоритетное внимание должно быть уделено ископаемому углю, как основному предмету детального изучения, ради которого вкладываются финансы в горное производство. Геологический объект является местом размещения ископаемого угля и его детальное изучение должно быть направлено как на оценку количества угля, так и применение технологии для его максимального извлечения с минимальными затратами. Именно такая позиция недропользователя, который представляет частный капитал, и основная цель — это получение прибыли.

Из этого следует, что требования к категориям классификационного признака «Геологическая изученность запасов/ресурсов ТПИ» (таблица 4.1) и требования к категориям классификационного признака «Технико-экономическая изученность запасов/ресурсов ТПИ» (таблица 4.2) в полной мере соотносятся не как простому определению марочных границ, а как к выделению блоков по маркам. Пространственное распространение марки угля от километра и более, а на глубину, в зависимости от угла падения пласта, от одного до трёх горизонтов (интервал 100 м). Поэтому, именно в них определяются подсчётные блоки разных категорий запасов и эти категории указывают степень изученности качества углей по их зольности. Предлагаемый ниже способ дополняет обозначенный пробел и согласуется с указаниями (МР ГКЗ по классификации, 2007) в части «марки угля должны быть установлены и технологические свойства угля изучены с детальностью, обеспечивающей оценку направления рационального их использования, выбора технологии переработки...».

Далее отметим, достоверность информации геологического объекта, строения угленосных пластов и качественных параметров углей зависит как от массива данных, так и от параметрической широты исследования в точке пластопересечения — опорной точки в разведочной сети. Этой опорной точкой является разведочная скважина, в которой опробование углей пластов и количество точек для отбора проб должно обеспечивать определение

классификационных параметров по ГОСТ 25543 с высокой степенью достоверности определения марки по простиранию и падению. Соответственно в части изучения распространения марочных границ и назначения бурения разведочных скважин для установления блоков по маркам угля и технологических границ будет характеризоваться опорным бурением для детализации (уточнение, конкретизация) геологического объекта.

Таблица 4.1. – Требования к категориям классификационного признака Геологическая изученность запасов/ресурсов
ТГИ (Анализ автора)

Код и категория изученности запасов/ресурсов			Требования к категориям (подкатегориям) геологической изученности	
код	Категория (подкатегория) изученности		Содержательный уровень изученности	Доверительная вероятность подтверждения
1	Разведанные (A+B+C ₁)	Достоверно изученные (A+B)	Уровень изученности запасов на участке детализации достаточен для подтверждения достоверности оценки параметров запасов/ресурсов на всей площади разведки	0,74-0,99
		Подтвержденные (C ₁)	Подтверждены и измерены предварительно разведанные запасы/ресурсы, их изученность достаточна для детальной технико-экономической оценки	0,63-0,73
2	Предварительно разведанные (C ₂)		Исчислены запасы /ресурсы, уровень изученности достаточен для предварительной технико-экономической оценки	0,57-0,62
3	Предполагаемые (P ₁ +P ₂)	Обоснованные (P ₁)	Обоснованы промышленные параметры ресурсов, уровень изученности обеспечивает начальную геолого-экономическую оценки по укрупненным показателям	0,54-0,56
		Перспективные (P ₂)	Перспектива промышленная угленосность, обеспечивается начальная геолого-экономическая оценка по аналогии	0,51-0,53
4	Прогнозные (P ₃)		Количественно оценен потенциал угленосности территории без экономических показателей	Меньше 0,51

Таблица 4.2. – Требования к категориям классификационного признака технико-экономическая изученность запасов/ресурсов ТПИ (анализ автора)

Стадия ГРП	Этап оценки	Код и категория технико-экономической изученности		Требования к категориям технико-экономической изученности	
		код	категория	содержательное требование, оценка	допустимая относительная погрешность оценки, %
Разведка	ТЭО	1	Детально оцененные запасы/ресурсы (ТЭО)	Изученность отвечает требованиям для проектирования горного предприятия. Обоснование постоянных разведочных кондиций.	До 10
Оценка	ТЭД	2	Предварительно оцененные запасы/ресурсы (ТЭД)	Изученность достаточна для определения промышленной ценности месторождения и постановки разведочных работ. Обоснование временных разведочных кондиций	До 25
Поиски	ГЭО	3	Начально оцененные ресурсы (ГЭО)	Изученность достаточно для обоснования постановки оценочных работ на угле-сланцепроявлении по требованиям региональных кондиций	До 50
Региональное геологическое изучение недр	ГО	4	Геологически оцененные ресурсы (ГО)	Изученность обеспечивает только выбор площадей для постановки поисковых работ при наличии предпосылок, учитывающих отраслевые кондиции	Больше 50

Ископаемый уголь также изучается послойно и внимание сосредоточено на детальном изучении, как пласта в целом, так и слагающих его слоёв (угольных пачек), в части изучения генетических свойств угольного вещества и других свойств: технологических, энергетических, физико-механических, физико-химических. В этом случае должно обращать внимание на мощность угольных пачек.

При разработке нового, марочно-технологического подхода, учитывались наработки изучения угольных месторождений. Например, в Печорском бассейне уточнение степени нарушенности угленосной толщи и выдержанности пластов по падению и простиранию с расстоянием между скважинами на профилях в зависимости от сложности геологического строения рекомендовано проводить в пределах от 100 до 250 метров (Методика ... Печорского бассейна, 1981). Такие разведочные линии являются опорными разведочными выработками на опорных профилях. В методических рекомендациях по Донбассу применяется понятие опорные линии и отмечается, «что они имеют большое значение в новых районах и сгущение по ним производится поэтапно сначала в 2 раза, затем до 200-400 м между скважинами (Методика ... Донецкого бассейна, 1972). Целесообразность применима на заключительном этапе предварительной разведки».

В итоге, при получении детальной информации о геологическом строении объекта и строения продуктивной толщи необходимо применять опорное бурение и опорные профили (опорные разведочные линии). Опорные профили (ОП) необходимы для детального изучения качественных и технологических характеристик углей и в этом случае их роль имеет высокую значимость. На ОП должно размещаться достаточно представительное опробование, что позволяет проследить основные закономерности изменения показателей качества и свойств, по которым можно рассчитать их зависимость и взаимосвязь между собой; провести

палеофациальную реконструкцию угленосной толщи и создать каркас технологической модели распределения марок и технологических групп. В таблице 4.3 представлены существующие требования из нормативных документов, представляющие интерес в тематике научного положения.

В таблице 4.3 показана специфика распределения границ между технологическими группами ценных и менее ценных марочных углей по классификации НДПИ (серым цветом выделены зоны перехода по технологическим показателям). В связи с этим, выбирая место размещения скважин, следует учитывать результаты опробования и представительность проб предшествующей стадии геологического изучения.

Таблица 4.3 – Специфика распределения границ между технологическими группами ценных и менее ценных марочных углей по классификации НДПИ

Специализация	технологические	коксообразующие					технологические	коксообразующие
Марка и технологическая группа	Ценные (основные компоненты шихты)							
	2ГЖ	2ГЖ	2Ж	КЖ (Vt>70%)	2К	2КО	2КС	1ОС
	Менее ценные (присадочные)							
	1ГЖ	1ГЖ	1Ж	КЖ (Vt<70%)	1К	1КО	1КС	2ОС
Специализация	технологические				коксообразующие		технологические	

Очень часто схема равномерности опробования не учитывает изменчивость угольного вещества отдельных проб и генетические и технологические параметры угля неправильно интерпретированы в каких-то обозначенных пределах, что приводит к отсутствию выделения переходных разностей. Другими словами, создаются условия двоякого толкования о марочном составе и её распространения в угленосной толще. Поэтому, при обнаружении таких пробелов уместно применять опорные скважины или кусты скважин, по которым достоверно была бы оценена марка и взята проба для технологических испытаний (таблица 4.4).

Таблица 4.4. – Существующие требования к изучению качества углей

Документ	Требования
Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна, 1978	Разведочная сеть определяется, исходя из сложности тектоники и выдержанности угольных пластов . По каждому пласту нужно отбирать несколько или даже десятки проб. Количество проб зависит от площади распространения пласта, степени изменчивости качества и требуемой точности характеристики оцениваемых показателей. Рекомендовано, показатели, закономерно изменившиеся и принятые для маркировки угля, должны определяться практически во всех скважинах. Если же в пределах разведваемой площади наблюдается закономерное и быстрое изменение какого-либо показателя качества угля , то требуется не менее 15-20 точек опробования на шахтное поле по каждому пласту , если таковое не выявлено, то – 5-10 точек
Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (ТПИ), 1999	Вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучаются с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов
Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (углей и горючих сланцев), 2007	Марки угля установлены и технологические свойства угля должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей оценку направления рационального их использования, выбора технологии переработки. Для каждого рабочего пласта и его частей, подлежащих самостоятельной отработке, определяются марка и технологическая группа угля , основные показатели качества, нормируемые стандартами, техническими условиями и кондициями, а также влияние на них процессов окисления.
ГОСТ 25543-2013	Марка присваивается на основе значений классификационных параметров и обозначается семизначным кодовым числом. Марку, группу, подгруппу устанавливают для каждого угольного пласта. Пластовые пробы отбирают по ГОСТ 9815 (из забоя) или ГОСТ 11223 (бурение) в каждом забое. В каждой пробе определяют показатели, указанные в классификационных таблицах В тех случаях, когда угли одного пласта на отдельных горизонтах, крыльях месторождения, участках шахты или разреза относятся к разным маркам, группам и подгруппам, кодовое число, марку, группу и подгруппу устанавливают для каждого горизонта, крыла, шахтного поля (участка). (из п.8.3 данного Гост)

Распространение марки (типа угля) и технологической группы (сорта угля) по простиранию, падению пласта и в разрезе угленосной толщи чередования пластов вызывает необходимость выделения марочных границ

по всем направлениям и построение блоков по маркам. Для этого логично воспользоваться методом подсчётных блоков, которые должны быть однородным по геологическим (мощность чистой угольной пачки пласта) и по качественным (зольность угля) критериям, используемые при количественном определении запасов угля. Отдельный подсчёт проводится по окисленным углям в выделенной зоне окисления пласта. Тогда угольное вещество подлежит подсчёту по регламентирующим показателям марки, а в комплексе с другими показателями определяется технологическая ценность угля, как полезного ископаемого.

4.2. Алгоритм по оценке достоверности марочного состава углей и определения количества опорных точек и плотности разведочной сети для выделения марочных и технологических границ

Исходя из вышеизложенного, понятно, что для построения блока по марке нужно иметь несколько пространственно-ориентированных представительно опробованных скважин с полным набором генетических и технологических исследований по всем пластовым пересечениям угленосной толщи. На практике выделение областей изменчивости марок происходит следующим образом: в пределах исследуемой площади ведется поиск зависимости и изменчивости по отдельным параметрам марки. Если некоторые параметры имеют незначительные изменения на всей площади, то марочная граница устанавливается по одному или двум показателям, меняющимся в диапазоне разграничения марки.

Для этой цели разработан алгоритм по оценке достоверности марочного состава углей и определения количества опорных точек и плотности разведочной сети. Способы выделения марочных и технологических границ разработаны на углях месторождений Кузнецкого бассейна, обозначенных в разделе фактический материал исследования. На основе проведения межметодного контроля (ММК) между генетическим

($R_{o,n}$) и технологическим (V^{daf}) показателями, которые отражают в углях степень метаморфизации и углефикации оценка проводится в три этапа.

На первом этапе по выходу керна скважин данные предыдущей разведки разделяются на три группы достоверности по степени разведанности: до 90 %, 90-75 %, 75 и $\leq$ 50 %, которые бракуются и используются в качестве информационных проб.

На втором этапе по изменению этих показателей $R_{o,r}$ и V^{daf} , с которыми коррелирует спекающая способность углей, что зафиксировано в системе уравнений (1), (2), (3), (4), обоснованных в главе 3, т.е. их использование – это первый этап критического анализа результатов предыдущей разведки.

Анализ проводится одновременно с составлением проекта на геологоразведочные работы. Выборка в зависимости от количества проб, в которых есть результаты классификационных показателей марки. Для статистической обработки необходимо 25-50 проб, тем самым обеспечивается объективность ММК по углям пластов, а наличие 25 проб в выборке по углям одного пласта для ММК только повышает достоверность определения марочного состава по всему объекту на первом этапе.

По уравнения проводится расчёт показателя отражения витринита (R_o) через фактические данные выборки выхода летучих веществ (V^{daf}) и отошающих компонентов ($\sum OK$). Выход летучих веществ (V^{daf}) рассчитывается через показатели R_o , $\sum OK$ и дополнительно через R_o , СК, Пв и Ко, по последним (Пв и Ко) осуществляется контроль толщины пластического слоя. По показателям R_o , V^{daf} , у, являющиеся основными критериями технологической систематизации, по сути, проводится контроль согласованности марочного состава и технологических свойств для коксующихся углей.

Между расчётными и фактическими значениями показателей R_o и V^{daf} проводится оценка расхождения по воспроизводимости (стандарта метода)

каждого показателя. Максимальное среднее отклонение принимается граничным значением контроля и по нему проводится отбраковка вихревых значений. Ниже приводится пример составления массива углей пластов и краткое описание результатов ММ контроля по Мрасскому месторождению (таблица 4.5), где были использованы уравнения (1) и (2), т.к. угли были неокисленными.

Таблица 4.5 – Результаты первого этапа ММК на примере Мрасского месторождения (фрагмент)

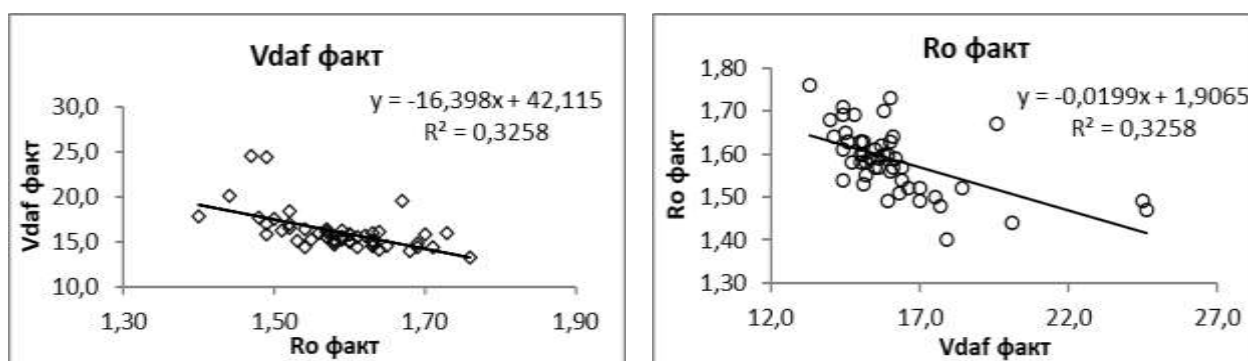
№ пробы выборки	Разведочная линия	№ скважины	Пласт	R_o расчетная	R_o фактич.	Отклонение R_o фактич. и расч.	V^{daf} фактич.	V^{daf} расч.	Отклонение V^{daf} фактич. и расч.
22	IV-IV	17692	ХП-ХIII	1,66	1,54	-0,12	14,40	14,20	-0,2
23	5-IV-IV	17693		1,57	1,57	0	15,60	15,37	-0,23
24	Пр. 29	17723		1,57	1,57	0	15,50	15,27	-0,23
25	Пр. 30- IV-IV	17724		1,51	1,57	0,06	16,40	16,20	-0,2
26	Пр. 29- IV-IV	17725		1,55	1,60	0,05	15,80	15,57	-0,23
27	IV-IV	17729		1,56	1,62	0,06	15,70	15,47	-0,23
28	Пр. 29	17701		1,55	1,60	0,05	15,90	15,67	-0,23
29	Пр. 31a	17720		1,53	1,57	0,04	16,10	15,88	-0,22
30	Пр. 31a	17703		1,42	1,48	0,06	17,70	17,62	-0,08
31	Пр. 31a	17703		1,52	1,51	-0,01	16,30	16,09	-0,21
32	IV-IV	17702		1,54	1,63	0,09	16,00	15,78	-0,22
33	Пр. 29	17698		1,54	1,73	0,19	16,00	15,78	-0,22

По ним установлено, что отклонение R_o фактического и расчётного – 0,06; отклонение V^{daf} фактического и расчётного – 0,32, при воспроизводимости по стандарту – 4%. Следовательно, данные отражательной способности витринита и выходалетучих веществ взаимосвязаны.

На третьем этапе проведения ММ по данным массива определяется линейная зависимость R_o от V^{daf} и V^{daf} от R_o и по полученным уравнениям проводится расчёт аналогичный выше изложенному. Найденное количество отбракованных проб вычитается от количества проб в выборке и оставшаяся величина (в процентах) будет указывать на степень достоверности показателей, пригодных для использования по установлению марочного состава углей по пластам.

Затем выявляются факторы, повлиявшие на высокое отклонение значений показателей, а также все данные углепетрографических и углехимических анализов оцениваются на выход керна и разделяются на три группы: до 90 %, 90-75 %, 75 и ниже, в которой пробы при выходе ≤ 50 % бракуются и могут быть использованы в качестве информационных проб.

Итак, строятся графики зависимостей показателей (рисунок 4.1 а, б) и определяются данные зависимостей показателей между собой.



а

б

Рисунок 4.1 – График зависимости показателей V^{daf} от Ro (а) и график зависимости Ro от V^{daf} (б)

Исходные данные с графиков:

- величина достоверности аппроксимации составляет $R^2 = 0,3258$.
- коэффициент корреляции между $Ro_{расч.}$ и $Vdaf_{расч.}$ составляет: - 0,57.

По полученным коэффициентам определяется наличие вихревых значений

Действие 1. Строим графики и получаем уравнения аппроксимации (5) и (6):

$$V^{daf}_{факт}: y = -16,398x + 42,115 \quad (3); \quad (5)$$

$$Ro_{факт}: y = -0,0199x + 1,9065 \quad (6).$$

Действие 2. Производим расчёты для выявления бракованных проб. По расчёту V^{daf} через R_o доля бракованных проб – 23 %, при достоверных пробах 72 %, а по расчёту R_o для V^{daf} доля бракованных проб 38 %, при достоверных пробах 62 %.

В целом, принимается достоверность по R_o - 72% поскольку, так как в выборке присутствуют угли с V^{daf} менее 16 %, а значит, вероятно большая погрешность при анализе углей высокой стадии метаморфизма, что сильно влияет на определение марки. Согласно результатам межметодного контроля предыдущей разведки необходимо заложить 28 точек определения классификационных показателей, что при 10 % браке при проектируемой разведке обеспеченность опорными данными для выделения марочных блоков будет не ниже 95 %.

4.3 Метод определения блоков по маркам углей в угленосной толще для подсчёта запасов на основе их технологической специализации

Подсчёт запасов углей по маркам предполагает определение их в блоках, в которых находятся подсчётные блоки, что позволяет одновременно учитывать изменение классификационных показателей ($R_o, r, \sum OK, V^{daf}, y$) в направлении изменения метаморфизма и показателя зольности (A^d) по направлению литологической изменчивости в виде увеличения или уменьшения количества угольных пачек, которые обуславливают количественное определение запасов углефицированной массы, другими словами «чистого угля».

Подсчётные блоки, находящиеся в блоках по маркам, должны быть однородными по мощности угольной пачки пласта (геологический фактор) и по зольности угля не более 13 % (качественный фактор). Это критерии оценки количественного определения запасов угля. Отдельный подсчёт проводится по не окисленным и окисленным углям в зоне окисления пласта. Тем самым в контуре марочного блока выделяются зоны окисленного и не

окисленного угля пласта, соответственно подсчёт запасов сопровождается результатами Ro,r , ΣOK , V^{daf} , u в углях.

По простиранию и падению пласта устанавливается распространение марки и технологической группы, по которым угли выделяются как типы и сорта. То же самое проделывается при их распространении в разрезе угленосной толщи, состоящей из нескольких пластов (рисунок 4.2). Поэтому выделение марочных границ по всем направлениям и построение марочных (по возможности сортовых) блоков ведётся с учётом векторов изменения показателя Ro,r в указанных направлениях.

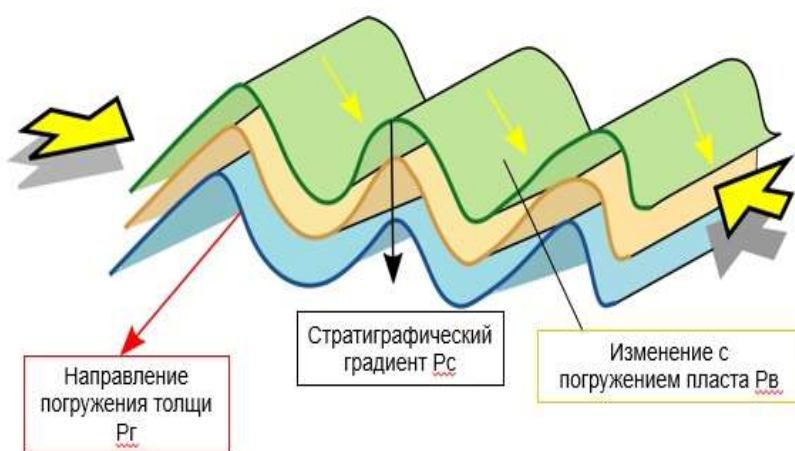


Рисунок 4.2 – Векторы направления изменения показателя Ro,r в стратиграфическом разрезе, по падению и простиранию пласта

4.4. Применение градиентов для построения блоков по маркам

С позиции геометризации марочные блоки представляются трёхмерной фигурой, отражая три направления развития метаморфизма углей в пластах: стратиграфический, вертикальный и горизонтальный в виде изменения показателя отражения витринита, Ro,r . По изменению в этих же направлениях показателей V^{daf} и u устанавливаются границы блоков перехода углей из одной марки в другую.

Для этого применяются три вида градиентов (рисунок 4.8), по которым фиксируется изменение метаморфизма (Ерёмин, 2001). Ниже приводится краткая характеристика:

- **стратиграфический градиент R_c** представляет собой отношение величины изменения показателя отражения витринита от R_1 до R_2 в

стратиграфическом направлении к единице соответствующей мощности, обозначенной на рисунке h (рисунок 4.3). Формула расчета данного градиента имеет вид:

$$P_c = \frac{R_2 - R_1}{h} \quad (7)$$

Единицы стратиграфического градиента измеряют в гектометрах (в %/ГМ), где 1ГМ=100м.

- **вертикальный пластовый градиент P_v** есть отношение величины изменения R_0 (от R_2 до R_3) по падению пласта к величине соответствующей его вертикальной проекции, т.е. величине z (рисунок 4.3), выраженной в гектометрах.

$$P_v = \frac{R_3 - R_2}{z} \quad (\text{в \%}/\text{ГМ}) \quad (8)$$

- **горизонтальный градиент P_g** равен отношению величины изменения показателя отражения витринита от R_2 до R_4 по простиранию пласта к соответствующей его длине L (рисунок 4.3), измеряемой в километрах

$$P_g = \frac{R_4 - R_2}{L} \quad (\text{в \%}/\text{км}) \quad (9)$$

В целом на рисунке 4.3 показана закономерная изменчивость показателя отражения витринита по трём направлениям проявления метаморфизма в угольных пластах.

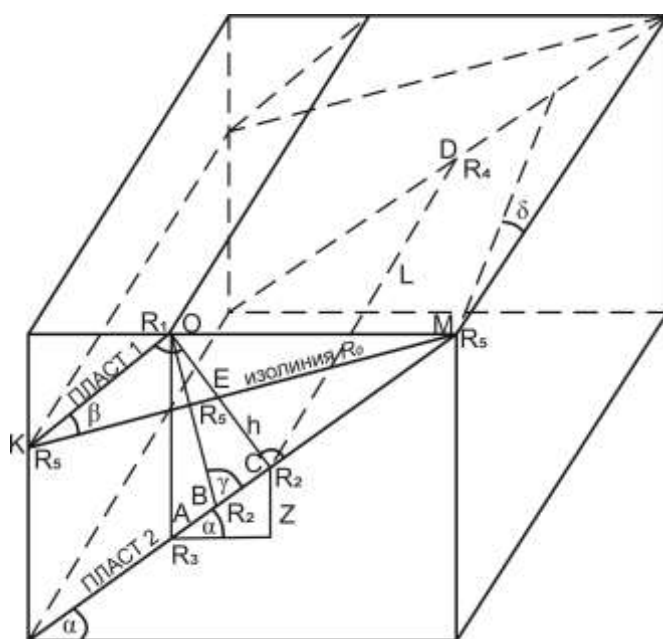


Рисунок 4.3 – Закономерная изменчивость показателя отражения витринита по трём направлениям проявления метаморфизма в угольных пластах (Ерёмин, 2001)

Итак, с позиции геометризации марочные блоки представляются трёхмерной фигурой, которая отражает три направления развития метаморфизма углей пластов: стратиграфический, вертикальный и горизонтальный в виде изменения показателя отражения витринита, R_o, r . По изменению в этих же направлениях показателей V^{daf} и u устанавливаются границы блоков перехода углей из одной марки в другую.

Подсчётные блоки, выделяемые в блоке по марке, обеспечивают количественный подсчёт запасов в контуре марочного блока, как следствие определение количества угля сопровождается оценкой его устойчивости или изменчивости по качеству. В этом случае контуры блоков по маркам позволяют более правильно проводить в угленосной толще проектную раскройку блоков отработки пластов и подсчёта в них запасов. Следовательно, более рационально осуществлять планирование при ведении горных работ.

Авторами (Арцер и др., 1999) установлено, что в углях Кузбасса горизонтальные и вертикальные градиенты взаимосвязаны, т.к. по изменчивость показателя R_o по падению пласта крыла складки совпадает с изменчивостью R_o по падению самой складки, находящейся под углом к линии горизонта. Поэтому необходимо определять порядок складки: первого порядка – это бассейновые, второго порядка – месторождения (как правило, выделяемые брахисинклиналями), третьего порядка – крыло складки брахисинклинали, четвёртого порядка – флексура складки третьего порядка.

4.5. Критерии размещения проектных скважин в разведочной сети

Для определения значимости градиента по показателю R_o рекомендуется учитывать повторяемость и воспроизводимость отражения витринита (ГОСТ 55659-2013). В таблице 4.6 представлены величины значимости градиента по показателю R_o .

Таблица 4.6 – Величины значимости градиента по показателю R_o

Показатель отражения, %	Максимально допускаемое расхождение, % абсолютный		Количество измерений
	Повторяемость	Воспроизводимость	
До 1,0 включ.	0,02	0,03	40
1,01 – 1,50	0,03	0,05	40
1,51 – 2,00	0,05	0,08	40
2,01 – 2,50	0,07	0,11	40
2,51 – 3,00	0,10	0,15	40

Данные величины позволяют проводить изучение изменчивости показателя R_o , а следовательно, необходимы для определения границ марок. Для оценки изменчивости R_o угля по падению пласта (градиента) рекомендуется применять формулу (10):

$$P_B = 0,0037 + 0,03R_o \cdot \sin \alpha \quad (10)$$

Авторы (Ерёмин и др., 2001) установили, что для балахонских и кольчугинских углей Кузбасса вертикальный градиент от 0-0,07 %/гм, но минимальный (отсчётный) уровень градиента показателя R_o не обозначен. Поэтому он устанавливает для каждого участка разведки отдельно. Тем не менее, в авторском методе предлагается за минимальную величину принять $R_o = 0,02$ % на 100 метров по вертикали и при угле падения пласта $\geq 75^\circ$. Эти величины были приняты за начальный отсчёт при определении расстояния между скважинами по пласту для установления градиента R_o в угле по падению пласта. Была установлена зависимость от угла наклона пласта с расстоянием между опорными скважинами, которая представлена для балахонских (таблица 4.7) и кольчугинских (таблица 4.8) углей.

На рисунке 4.4 зависимость расстояния между опорными скважинами от угла наклона пласта по простиранию, которая позволяет установить градиент R_o в угле и расстояние между скважинами.

Таблица 4.7 – Рекомендуемые расстояния для заложения опорных скважин по падению пласта балахонских углей

Угол наклона пласта, град.	Величина градиента, гм (гектометр), %			
	0,02	0,03	0,04	0,05
75	100	150	200	250
65	115	173	231	288
55	136	205	273	341
45	167	250	333	417
35	214	321	429	536

Таблица 4.8 – Рекомендуемые расстояния для заложения опорных скважин по падению пласта кольчугинских углей

Угол наклона пласта, град.	Величина градиента, гм (гектометр), %			
	0,02	0,03	0,04	0,05
35	100	150	200	250
25	300	450	600	750
15	500	750	1000	1250
10	750	1125	1500	1875
5	1500	2250	3000	3750

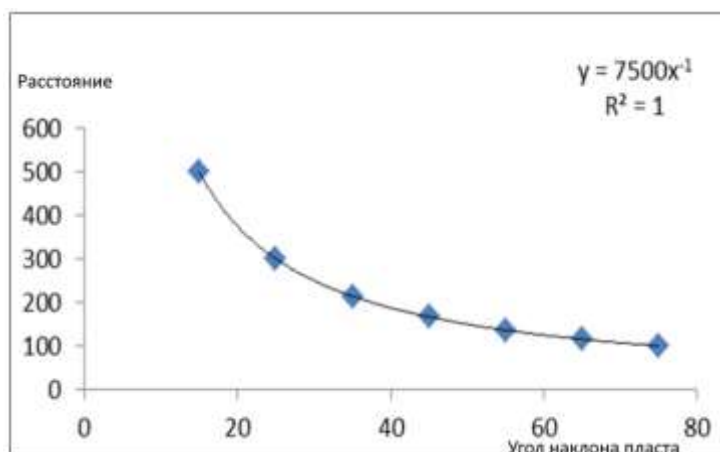


Рисунок 4.4 – Зависимость расстояния между опорными скважинами от угла наклона пласта по простиранию

Несомненно, в конкретных случаях при наличии контактового метаморфизма, тектонического смещения пластов, зоны размывов и других

геологических факторов. Их влияние на характер изменчивости градиента по показателю R_0 несомненно. Поэтому рекомендуемый алгоритм изложен в порядке действий при практическом применении метода марочной блокировки запасов.

Особо отметим, на точность измерения градиента R_0 оказывает влияние степень восстановленности углей, которая занижает значение отражения витринита, поэтому при установлении градиентов надо обязательно определиться с проявлением степени восстановленности углей в конкретном участке бассейна.

4.6. Апробация метода на действующих участках

На рисунках 4.5 и 4.6 на примере участка разведки Мрасского месторождения приведены схемы вынесения опорных точек проектируемых разведочных скважин на план и разрез для исследования классификационных показателей марки и технологической группы углей.

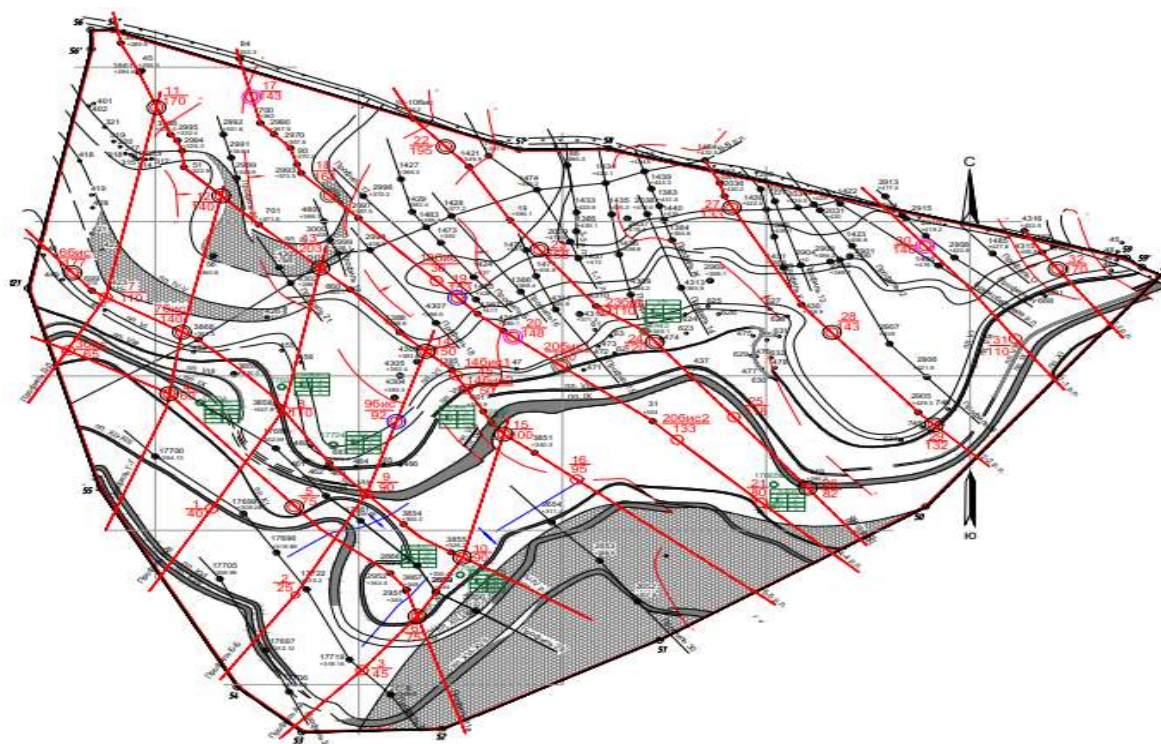


Рисунок 4.5 – Схема вынесения опорных точек проектируемых разведочных скважин на план для исследования классификационных показателей марки и технологической группы углей (синим цветом точки для марок)

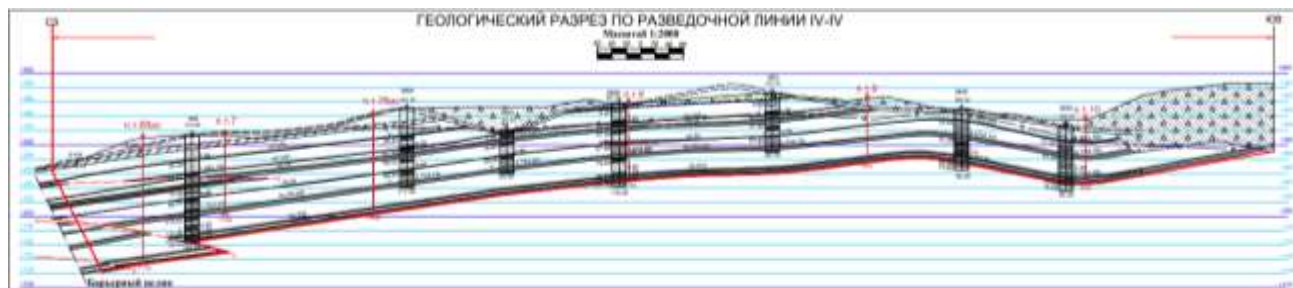


Рисунок 4.6 – Схема вынесения опорных точек проектируемых разведочных скважин на разрез

4.6.1 Примеры выделения границ для блоков по маркам и границы перехода углей по марочному составу

На рисунке 4.7 показано выделение марочных и технологических границ по пласту 66 на участке «Отвальный Южный» Талдинского месторождения, недропользователь разрез «Южный».

Красной сплошной линией выделены границы марок, зелёной пунктирной линией выделена граница марок с учётом технологических групп, т.е. технологическая граница. На примере разделения газового угля пласта на марки Г и ГЖО даётся описание принципа выделения марочных и технологических границ.

По классификационной характеристике газовый уголь пласта 66 в границах лицензии изменяется по показателям $R_{o,r} = 0,78-0,82 \%$, $V^{daf} = 33,4-38,0 \%$; $y = 7-15 \text{ мм}$, по $\sum OK = 24-33 \%$, что свидетельствует об относительной однородности угля по мацеральному составу, а сам уголь относится к гелитолитам (витринитовый). Указанная изменчивость угля по показателям характеризует его как газовый переходный от марки Г к марке ГЖО по показателям $R_{o,r}$, V^{daf} , y .

Граничные величины марки ГЖО по технологическим группам:

- 1ГЖО по $R_{o,r} = 0,60-0,79$ %, по $V^{daf} = 30,0-38,0$ %; по $y = 10-16$ мм,
- 2ГЖО по $R_{o,r} = 0,80-0,99$ %, по $V^{daf} = 30,0-38,0$ % и от 36,0 и выше; по $y = 10-13$ и 14-16 мм.

Граничные величины марки Г по технологическим группам:

- 1Г по $R_{o,r} = 0,50-0,89$ и $0,80-0,99$ %, по $V^{daf} = 38,0$ и выше и $30,0$ и выше %; по $y = 10-12$ и 6-9 мм,
- 2Г по $R_{o,r} = 0,60-0,79$ %, по $V^{daf} = 38,0$ и выше %; по $y = 10-13$ и 13-16 мм.

В итоге могут присутствовать в угле все технологические группы. В этом случае выявляются однозначные значения для марки ГЖО и для марки Г. Так, в скважинах №№ 03-06 показатель $R_{o,r} = 0,79-0,81$, при среднем (далее *взвешенном*) $0,80$ %, $V^{daf} = 36,6-38,0$, при среднем $37,8$ %; $y = 12-14$, при среднем 13 мм, что однозначно характеризует уголь маркой ГЖО, группой 2ГЖО. Поэтому марочная линия проведена по скважинам №№ 03, 04, 06, контролируя изменение метаморфизма по скважинам 04 и 05 по вертикальному градиенту, который составил $0,01$ %, т.е. в скв. № 04 $R_o = 0,80$ %, а в скв. № 05 $R_o = 0,81$ %.

В свою очередь, линия марки Г пройдёт по выработкам: скв. №№ 3851, 9880, 10395, г.в. № 66-09, скв.9990, г.в. ПП (5)1243, скв. № 10143, 10030, в которых толщина пластического слоя 8 мм. Это обеспечивает максимальный уровень точности определения спекающей способности углей с учётом погрешности определения показателя 2 мм.

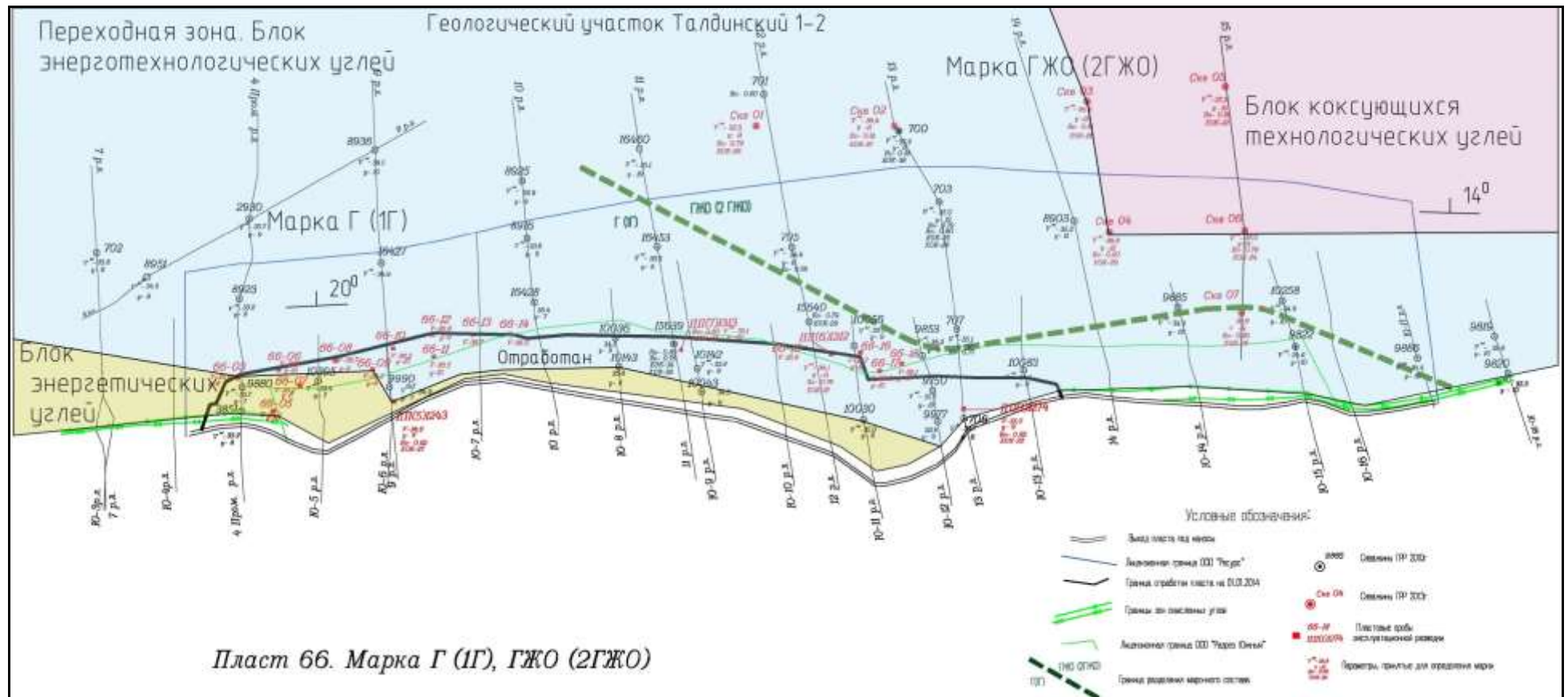


Рисунок 4.7 – Пример выделения марочных и технологических границ в угле пласта 66 Талдинского месторождения.

Пояснения: красная сплошная линия — граница углей по маркам Г и ГЖО, зелёная пунктирная линия — граница углей по технологическим группам 1Г и 2ГЖО, она же является технологической границей марочного состава углей Г (1Г) и ГЖО (2ГЖО).

В этих выработках показатели $R_{o,r} = 0,78-0,82$, при среднем (далее взвешенном) $0,81 \%$ и $V^{daf} = 33,7-35,8$, при среднем $35,0 \%$ указывают, что толщина пластического слоя 8 и выходе летучих веществ $35,0 \%$ и отражательной способности витринита $0,81 \%$ уголь однозначно будет соответствовать технологической группе 1Г марки Г.

Остальной массив значений показателям $R_{o,r}$, V^{daf} , y по выработкам следует дифференцировать по простиранию пласта только по спекающей способности угля – толщине пластического слоя, т.к. остальные показатели имеют большой разброс. В частности, между р.л. 10 и 11 в соответствующих скважинах №№ 8925 и 16460 уголь с пластическим слоем 9 и 10 мм, скв. №№ 16453 и 705 (р.л. 11 и 12) этот слой на уровне 6 и 11 мм. На р.л. 13 скв. № 707 показатель $y = 12$ мм, ниже этой скважины в выработках фиксируется только 9 мм.

Далее скв. №№ 9885, 07, 10258, 9886, в угле которых пластический слой 10 мм, становятся опорными для проведения границы несмотря на то, что в скв. 15640, 10056, 9853, 10083, 706, 9977, 9750, 10142 показатель спекаемости углей от 9 до 11 мм, а в г.в. 10-11 мм. Это лишь свидетельствует, что при отборе проб можно получать не устойчивый показатель – толщину пластического слоя.

В соответствии с методическими требованиями выделения границ рудного тела и её деления по типам и сортам, на представленном примере обоснованно такое же деление возможно и в угленосных пластах, где марка угля - природный тип, а сорт – технологическая группа, в этом случае и есть суть промышленно-энергетической специализации углей. Показано применение технологических показателей для установления границы марочных блоков (на рисунке это красная линия) углей ГЖО и Г и границы (на рисунке это зелёная пунктирная линия) деления углей по марочному составу.

В итоге, подсчитанные запасы в марочных блоках ГЖО (2ГЖО) относятся к запасам коксующихся углей и при наличии подтверждения коксующих свойств могут быть использованы для производства металлургического кокса.

Угли в марочных блоках Г (1Г) однозначно относятся к запасам энергетических углей, а переходные угли между марочных блоков ГЖО и Г

[illegible]

Рисунок 4.8 – Блокировка по маркам углей крутопадающих пластов на основе опорных скважин на Тайбинском месторождении.

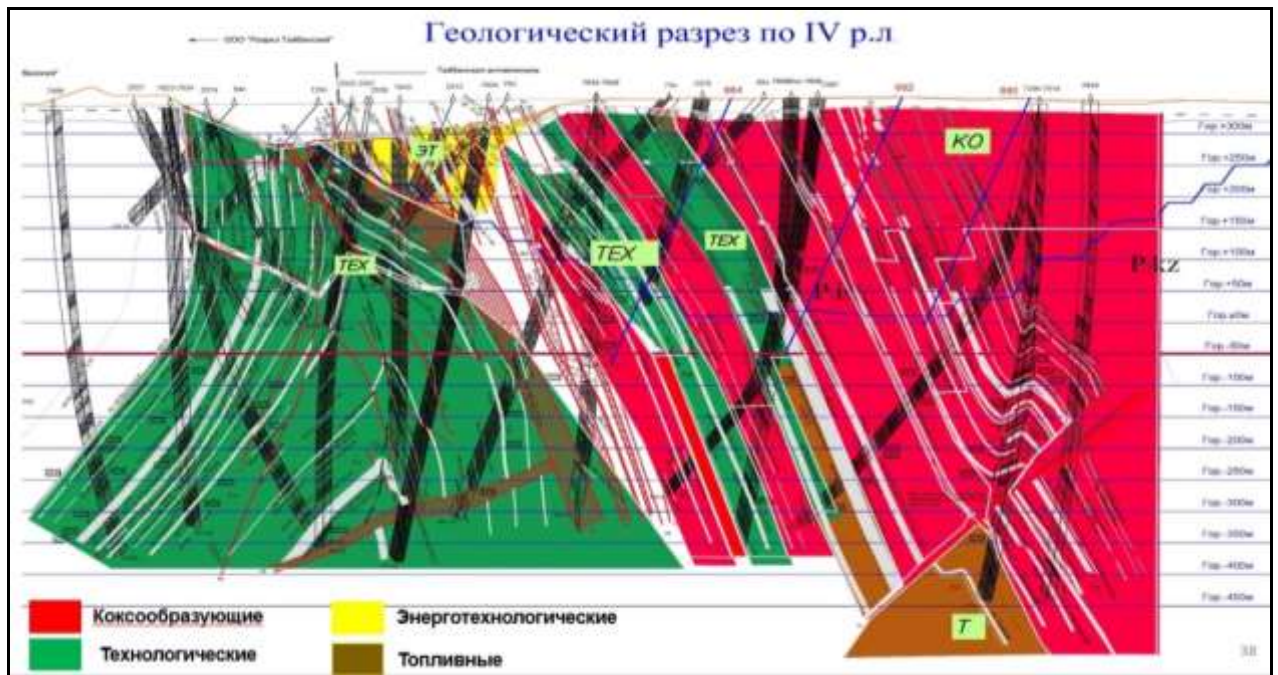


Рисунок 4.9 – Блокировка по технологическим группам углей крутопадающих пластов на Тайбинском месторождении в соответствии с технологической систематизацией.

Марочные блоки отражают генетическое изменение полезного ископаемого и находящихся в них зон технологического различия угольного вещества, достоверность которого будет обусловлена категорией запасов, как критерия изученности свойств и качества углей в геологическом объекте. Так метод опорных точек позволил выделить более технологичные и достоверные запасы на участке Новоказанский 2 Ерунаковского района Кузбасса для выбора этапности отработки карьера. В частности, на рисунке 4.10 показана блокировка по маркам углей, а на рисунке 4.11 блокировка по технологическим группам углей пологопадающих пластов на основе опорных скважин на участке Новоказанский 2 в Ерунаковском районе.

Таким образом, создаваемая сеть опорных проектных разведочных скважин для оценки марочного состава углей встраивается в общую сеть разведки. Учитывается характер проявления метаморфизма на участке, который обуславливает основные изменения генетических и технологических свойств углей в виде стратиграфического, вертикального и горизонтального градиентов.

Тем самым отражается изменение углей в разрезе пластов и их падению и простиранию. Обработка данных опорной сети по сформулированному алгоритму служит для формирования сырьевой базы предприятия.

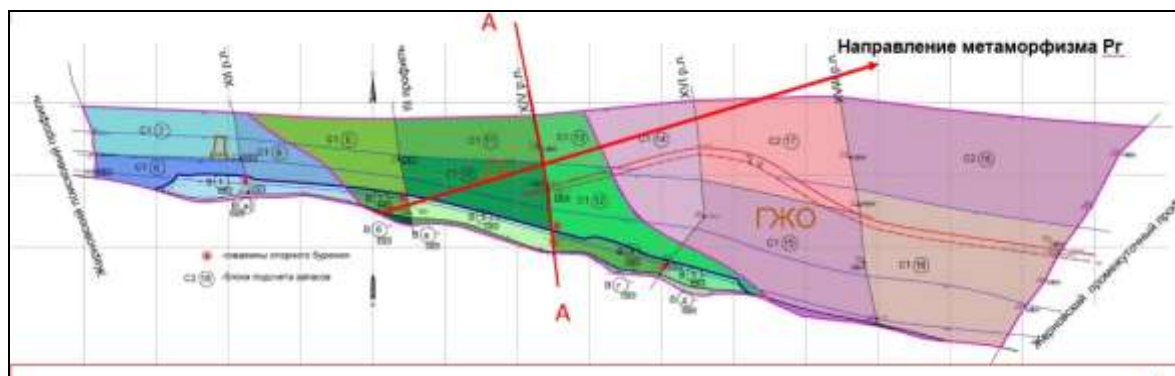


Рисунок 4.10 – Блокировка по маркам углей пологопадающих пластов на основе опорных скважин на участке Новоказанский 2 в Ерунаковском районе.

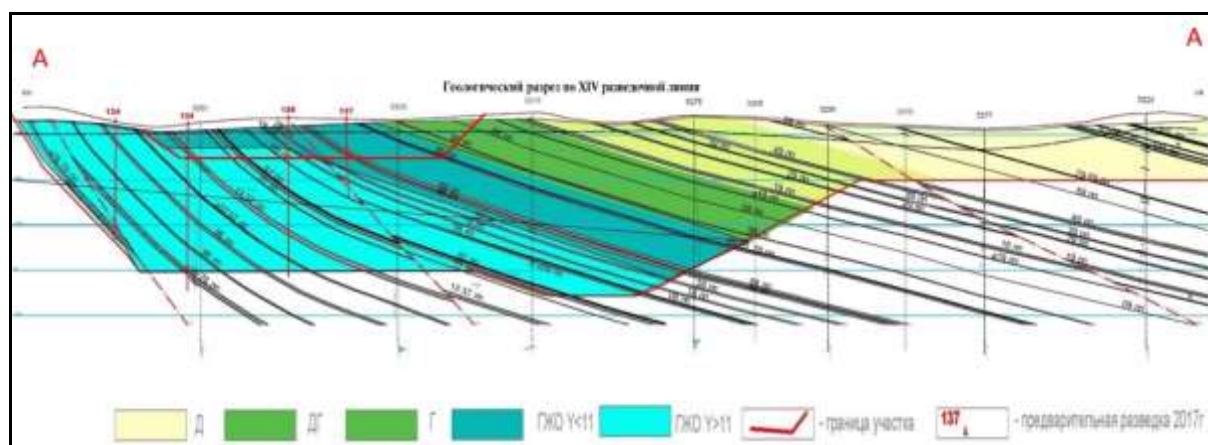


Рисунок 4.11 — Блокировка по технологическим группам углей пологопадающих пластов на участке Новоказанский 2 в Ерунаковском районе в соответствии с технологической систематизацией

В качестве вывода данной главы автор обращает внимание на некоторые аспекты развития методики разведки в границах лицензии. Вероятно, назрела модернизации методов ведения разведки, анализа геологической информации в части исследования параметров и свойств каменного угля на фоне появления новых требований к выдержанности качества угольного сырья. Применение в

определённой технологической цепочке комплексного использования ископаемых углей, несомненно, влияет на достоверное установление марочных границ в угольной толще, а в некотором случае обуславливает необходимость и определение границ технологических групп.

При переходе от площадного деления к лицензионному районированию угольных залежей в современных условиях, поиск и выделение ценных коксующихся углей требует учитывать предложенную последовательность разведки. Это, прежде всего, установление марки на месторождении, выделение марочных границ по пластам на участке и прилегающих контуров будущей прирезки к шахтам или разрезам, а также выделение углей после лабораторного коксования для производства металлургического кокса.

Разведка непосредственно в границах лицензированных участков, выданных под разработку, а это разведка разделённого месторождения для действующих угольных компаний, требует проведение локальной детализации для подтверждения марки и одновременно с этим выделение технологических свойств, которые обуславливают устанавливать сортность углей для переработки.

В итоге предлагается проводить исследование марочных углей в рамках ГОСТ 25543, предусматривая следующие принципы установления границ марок и технологических групп углей по генетическим и технологическим параметрам для определения опорных точек и их увязки с разведочными скважинами в существующей разведочной сети:

- систематизацию углей пластов предыдущей разведки по технологическим группам;
- определение количества точек с достоверными данными показателей Ro, r, V^{daf} , u ;
- порядок заложения новых точек в разведочной сети для выделения марочных блоков;
- последовательность их увязки с подсчётными блоками на основе корреляционных связей геологических факторов и маркирующих

классификационных параметров, по которым устанавливаются градиенты их изменения в углях пластов по простиранию.

Всё перечисленное, сводится к чему-то единому, которое предлагается называть «единый учёт» (рисунок 4.12), состоящий из частей обозначенной последовательности (Охотников, 2020).



Рисунок 4.12 – Составные части единого учёта углей

На основании изложенных аргументов и расчётов, приведённых примеров и выводов защищаемое положение считается обосновано доказанным.

ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Выделение блоков по маркам и находящимся внутри их подсчётных блоков с учётом технологической специализации углей согласуется с Классификацией запасов месторождений (2007) в части подсчёта запасов общепринятой методологии. Предложенный единый учёт запасов каменных углей Кузбасса по маркам и технологическим группам в части направления использования предлагается проводить по видам: это коксующиеся и энергетические угли, и по типам: коксообразующие, технологические, энерготехнологические и топливные угли для формирования сырьевой базы недропользователя.

В связи с этим сформулировано третье защищаемое положение. **Обоснована процедура дифференциация углей по маркам, группам и подгруппам в границах участка разработки, позволяющая сформировать сырьевую базу недропользователя для получения товарной продукции с заданными свойствами и параметрами качества.**

5.1. Характеристика энергетических и коксующихся углей Кузбасса для добычи и реализации

Характеристика углей Кузбасса для получения добычного сырья и реализации его в энергетических и технологических направлениях использования представлена (таблицы 5.1-5.4) по марке, группе и подгруппе (ГОСТ 25543-2013).

Из таблицы 5.1 видно, что в рамках стандарта кроме слоевого коксования к технологическому направлению использования углей относятся производства: генераторного газа, синтетического жидкого топлива, полуккоксования, углеродистого наполнителя и карбида кальция, т.е. кроме спекающихся коксующихся углей рассматривается выделение спекающихся и неспекающихся энерготехнологических углей (таблица 5.2) и другие направления использования углей (таблицы 5.3, 5.4).

Таблица 5.1 – Направление использования углей для технологических целей.

Направление использования	Марка	Группа	Под- группа	A ^d	W _t ^r	Масс. доля кусков	Окис- лен- ность	Q _i ^r
Слоевое коксование	+	+	+	+	+	+	+	-
Специальные процессы подготовки и коксования	+	+	+	+	+	+	+	-
Производство генераторного газа в газогенераторах стационарного типа (смешанного, водяного газа)	+	+	+	+	+	+	+	-
Производство синтетического жидкого топлива	+	+	+	+	+	+	+	-
Полукоксование	+	+	+	+	-	+	+	+
Производство углеродистого наполнителя (термоантрацита) для электродных изделий и литейного кокса	+	+	+	+	+	+	+	-
Производство карбида кальция, электрокорунда	+	+	+	+	+	+	+	-

Таблица 5.2 – Направление использования углей для энергетики.

Направление использования	Марка	Группа	Подгруппа	A ^d	W _t ^r	Масс. доля кусков	Окислен- ность	Q _i ^r
Пылевидное сжигание в отражательных печах	+	+	+	+	+	+	+	+
Пылевидное сжигание в стационарных котельных установках и в кипящем слое	+	+	+	+	+	+	+	+
Сжигание в отражательных печах	+	+	+	+	+	+	+	+
Сжигание в топках судов	+	+	+	+	+	+	+	+
Сжигание в топках электропоездов	+	+	+	+	+	+	+	+
Сжигание в топках паровозов	+	+	+	+	+	+	+	+
Топливо для коммунальных нужд	+	+	+	+	+	+	+	+
Топливо для бытовых нужд	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 5.3 – Направление использования углей для производства строительных материалов.

Направление использования	Марка	Группа	Подгруппа	A ^d	$\bar{W}_t$	Масс. доля кусков	Окисленность
Извести	+	+	+	+	+	+	+
Цемент	+	+	+	+	+	+	+
Кирпича	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 5.4 – Прочие направления использования углей.

Направление использования	Марка	Группа	Подгруппа	A ^d	$\bar{W}_t$	Масс. доля кусков	Окисленность
Производство углеродных адсорбентов	+	+	+	+	+	+	+
Производство активного угля	+	+	+	+	+	+	+
Агломерация руд	+	+	+	+	+	+	+

Кроме того, важно отметить последние перспективные направления глубокой переработке угля отсутствуют в стандарте. Компетентные ученые (Исламов, 2024) рассматривают возможность получения новых продуктов путём преобразования угольного сырья. Но они отмечают, что возникает ряд проблем, связанных с реализацией каждого отдельного производства, одна из них малотонажность выдачи готовой продукции.

В таблице 5.5 представлены «популярные» технологии переработки угля, представляющие интерес для угольного сектора с анализом проблем их внедрения. В таблице показаны проблемные обстоятельства и условия реализации проектов указанных производств.

Таблица 5.5 – Анализ перспективных направлений использования углей.

Технология переработки угля	Описание процесса	Проблемные обстоятельства	Условия для реализации
Производство сорбентов	Пористые углеродные материалы образуются в результате пиролиза	Широкое разнообразие продуктов разных технологий необходимых для полного цикла. Низкая емкость рыночного сегмента.	Высокая цена продукции. Технологическое преимущество, за счет снижения себестоимости.
Производство удобрений/ стимуляторов роста растений	Из бурого или окисленного угля путем дополнительного окисления получают концентрированные удобрения	В сельском хозяйстве есть уже надежные апробированные протоколы использования удобрений	Успешные исследования влияния «гуматов» на разные культуры, возникновение масштабной потребности.
Извлечение ценных элементов из минеральной части углей	Процессы обогащения. Химические, термические, биологические методы	Крайне редкое распространение. Спорадический характер. Дорогостоящие методы извлечения.	Попутная добыча локальных участков. Совершенствование технологий извлечения.
Производство синтетического жидкого топлива	Пиролиз. Гидрогенизация. Процесс Фишера-Тропша. Процесс Бергиуса.	Обеспеченность нефтяным сырьем. Отсутствие отечественных технологий и промышленного оборудования.	Производство дешевого водорода. Совершенствование технологий.
Термическое обогащение энергетических углей	Технология термококс. Слойная и в кипящем слое. Для металлургии PCI	Требование к сырью: минимальное содержание золы, влаги, серы. Требование к металлургическому топливу: повышенное содержание углерода, высокая реакционная способность.	Инвестиции в крупномасштабные предприятия. Повышение транспортабельности продукта.
Технология прямого восстановления железной руды	Технология Midrex. Горячебрикетированное железо. В качестве восстановителя уголь энергетических марок.	Альтернатива – газ.	Требования экологии может способствовать распространению данной технологии.

Внедрение технологий глубокой переработки в условиях структуры нашего топливно-энергетического комплекса требует задействовать большой научный потенциал и значительные финансовые затраты. Для Кузбасса с лимитирующим фактором пропускной способностью железных дорог и широким разнообразием

марок углей создание угольного продукта премиального качества с высокой добавленной стоимостью становится особо острым для оценки дальнейших перспектив развития региона. С этой точки зрения, очевидно, что недропользователь должен иметь полную информацию о качественных параметрах угольных пластов и проводить опережающие ГРП с целью детализации возможностей своей ресурсной базы с помощью инструментов, рассмотренных в данной работе.

Сложившееся разделение каменных углей на коксующиеся и энергетические угли с позиции технологической специализации допускает ввод такого терминологического понятия как промышленно-энергетическая специализация углей. Отчасти обусловлено приоритетом энергетических углей над коксующимися углями, выделенным в методических рекомендациях ГКЗ, в данной главе предмет анализа и предложений.

Обратимся к данным за последние 25 лет по добыче и реализации углей в РФ. Тренд направлен на рост уровня добычи, при этом сохраняются пропорции между соотношением коксующихся и энергетических углей, с преобладанием последних (примерно 1:4, 1:5). Несмотря на периодические кризисы, в том числе в настоящее время, угольная промышленность готова наращивать производственные объемы в условиях рентабельности рынка. Отметим некоторые моменты:

1) Российская Федерация входит в число лидеров по производству угля в мире, уступая Китаю, США, Индии, Австралии и Индонезии, на долю России приходится около 5 % мировой добычи. Страна занимает третье место по экспорту угля после Индонезии и Австралии, на долю России приходится около 15 % на международном рынке. По данным Росстата, добыча угля в России за 12 месяцев 2021 года составила 432 млн. т, что на 8,5% больше, чем за 2020 год.

2) За 9 месяцев 2021 года было добыто 71,5 млн. т коксующегося угля, что на 4,42 млн. т, или на 6,6 % выше уровня того же периода 2020 года (рисунок 5.1). Доля углей для коксования в общей добыче составила 22,4 %, основной объем добычи этих углей пришелся на предприятия Кузбасса – 73,9 %. В Кузнецком

бассейне было добыто 52,85 млн. т угля для коксования. В общем, наблюдается рост уровня добычи угля в России, а также рост добычи коксующегося угля.

3) Доля коксующегося угля по отношению к общей добыче по стране в последнее время снижается за счет роста объемов добычи в Тихоокеанском транспортно-логистическом и Западно-Таймырском промышленном кластере. Эльгинский угольный комплекс является основой Тихоокеанского комплекса, он включает предприятия по добыче, обогащению, транспортировке и реализации высококачественных углей для коксования с аномально низким содержанием серы и фосфора, но это экспорт. Месторождение является частью Южно-Якутского угольного бассейна, запасы угля месторождения оцениваются в 2,2 млрд т, из которых около 90 – для коксования марки Ж премиального качества, но поступление на внутренний рынок ограничено, однако по плану развития предприятия может довести реализацию до 50 млн т в год.

4) Конкурентоспособность на угольном рынке углей Дальнего Востока обеспечена полной независимостью от Восточного полигона РЖД и близостью к угольным терминалам. Сарадасайское месторождение Западно-Таймырского промышленного кластера расположено в 110 км юго-восточнее поселка Диксон. Ресурсы месторождения оцениваются в 5 млрд т коксующихся марок КЖ, К, КО и позволят выйти предприятию на 2 этапе на мощность 10 млн т.

Указанные обстоятельства уже стали испытанием конкурентоспособности углей Кузнецкого бассейна, который пока обеспечивает на 80 % металлургические комбинаты Урала и Сибири коксующимися углями (рисунок 5.1) и разным потребителям (рисунок 5.2).

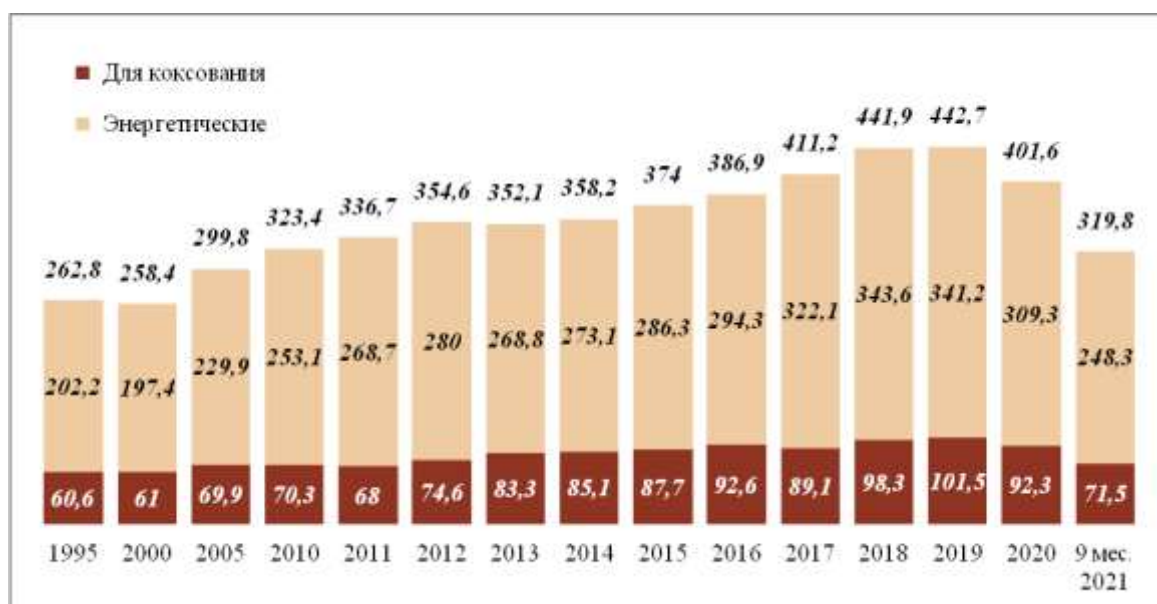


Рисунок 5.1 – Добыча угля в России по видам углей (по отчётным данным угледобывающих компаний), млн. т (Таразанов, 2021)



Рисунок 5.2 – Отгрузка российских углей основным потребителям (по отчетным данным угледобывающих компаний), млн. т (Таразанов, 2021)

Как показывает анализ данных, большая часть дефицитных коксующихся углей остается на внутреннем рынке, на экспорт уходит лишь около 16,3 млн. т

коксуемого угля. Программы по развитию угольной отрасли страны направлены на увеличения экспорта высококачественной концентрированной угольной продукции. Как видно из графиков (рисунки 5.3 и 5.4), доля особо ценных коксующихся углей в общем экспорте угля составляет 9 % или около 16 млн. т, а использование внутри страны около 32 млн. т.



Рисунок 5.3 – Отгрузка российских углей с учётом экспорта, по данным ФТС России, млн. т (Таразанов, 2021)

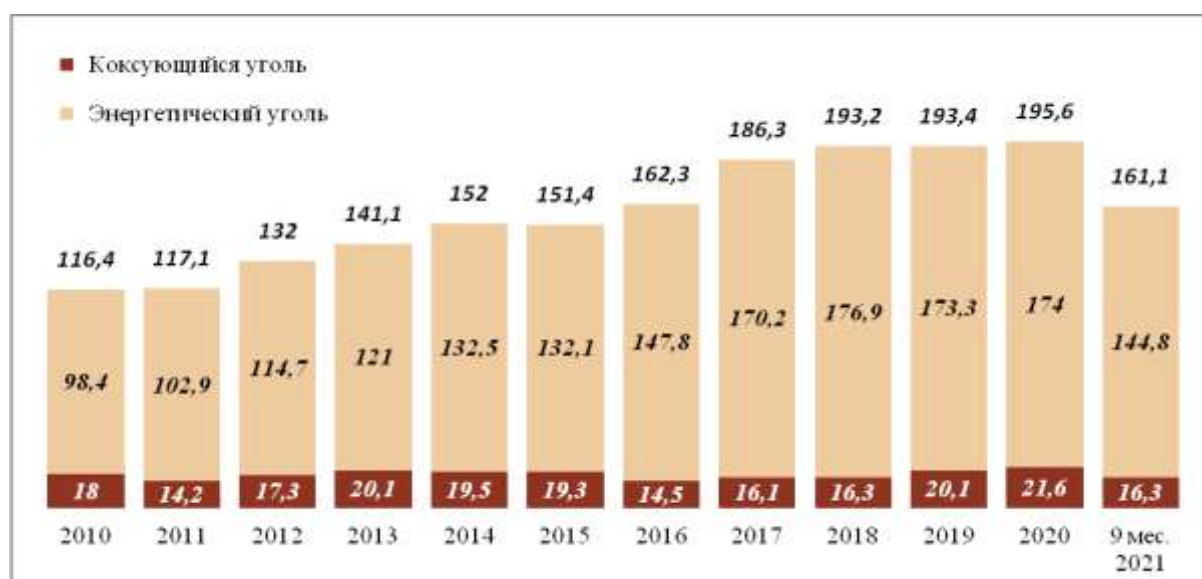


Рисунок 5.4 – Динамика экспорта российского угля по видам углей (по отчетным данным угледобывающих компаний) млн. т (Таразанов, 2021)

Отсюда не сложно определить, что из всей добычи коксующегося угля целевое их предназначение составляет менее 50%. Следовательно, происходит вывоз ценных коксующихся углей за границу, чем обуславливается их дефицит на внутреннем рынке. Проблема кроется в отсутствии единого учёта и в требованиях, которые предъявляют к брендовым коксующимся маркам углей за рубежом и для нужд отечественной металлургии. Часто оказывается, что уголь, поставленный на баланс в качестве сырья для нужд коксования, при детальном его рассмотрении таковым не является. Ценность, которая бы отражала его однозначное понимание в направлении использования, до сих пор не прописана в методиках ведения геологоразведки и изучения качественных показателей на угольных месторождениях, а также в требованиях, предъявляемых к содержанию геологических отчетов с подсчетом запасов каменного угля.

Данный анализ наглядно показывает отсутствие должного внимания со стороны надлежащих министерств и ведомств в развитии угольной отрасли, а вместе с ней и угольной геологии.

5.2 Особенности формирования сырьевой базы углей недропользователя на основе разведанных запасов

5.2.1 Гармонизация классифицирования углей с международной практикой

В международной практике используется «Международная система кодификации углей среднего и высокого рангов» (МК – 88), состоящая из качественных показателей угольной продукции: отражение витринита, содержание инертинита, выход летучих веществ, индекс свободного вспучивания, зольность, содержание серы и теплота сгорания для определения кода из 14-ти значений для углей среднего и высокого рангов. С ней был согласован ГОСТ 25543-88 (ЕК – 88) «Угли бурые, каменные и антрациты.

Современная классификация по генетическим и технологическим параметрам (ГОСТ 25543-2013) состоит из показателей: отражение витринита,

содержание фюзенизированных компонентов (мацералов группы инертинита и 2/3 семивитринита на органическую массу) и выход летучих веществ, величина пластического слоя, индекс Рога (остаточная спекаемость). То есть обозначаются 7-мизначным кодом, который совпадает только первыми тремя параметрами системы кодификации МК – 88 (таблица 5.6) (https://www.rosugol.ru/e-store/coal_classification.php).

До настоящего времени также остаётся открытым вопрос опробования, а именно, в п. 8.3 ГОСТ 25543-2013 регламентируемое установление марки и технологической группы не учитывает различием опробования между бороздовым (ГОСТ 9815) и керновым (ГОСТ 11223) методом, по сути, различие между товарным и ископаемым углём нивелируется. В статье (Иванов, 2013) по этому вопросу даёт важное уточнение с указанием признаки различия между ископаемыми углями в недрах и добычными углями при разработке пластов.

Таблица 5.6. – Классификационные параметры Единой классификации углей (ЕК-88 – ГОСТ 25543) и Международной системы кодификации углей (МК-88 – ГОСТ 30313)

ЕК-88 – ГОСТ 25543	Углететрографические		Технологические						
	R _o , %	ΣOK=I+2/3 SV, %	W _t ^r , %	V ^{daf} , %	Voσ ^{daf} , %	Toσ ^{daf} , %	Y, мм	A _R , %	
	Клас с	Категория	Тип углей			Подтип углей			
	Углей всех марок (рангов)		Бурых	Каменны х	Антрацит ов	Бурых	Каменн ых	Антрацито в	
	Порядковые номера цифр в коде								
	1, 2	3	4, 5			6, 7			
МК-88 – ГОСТ 30313	Углететрографические		Технологические						
	R _o , %	Реффлектограм ма σ	I, %	L, %	SI, ед.	V ^{daf} , %	A ^d , %	S _t ^d , %	Q _s ^{daf} , МДж/кг
	Углей среднего и высокого рангов								
	Порядковые номера цифр в коде								
	1,2	3	4	5	6	7,8	9, 10	11, 12	13, 14

Ископаемый уголь находится в естественном состоянии, а извлекаемый уголь рукотворный и сильно зависит от технологии разработки пластов и последующих этапов его движения в технологической цепочке и характеризуется

как **угольное сырьё**. Это важное уточнение необходимо, так как марки углей в недрах устанавливаются по разведочным данным, а угольного сырья по данным эксплуатации (опережающая разведка). При этом учёт налоговых органов за пользование недрами ведётся по данным разведки в границах лицензии, которые являются основанием для постановки на баланс недропользователя. В случае несоответствия марочного состава углей, обозначенного в период разработки, недропользователь обязан пройти новое утверждение в территориальном органе (ТКЗ), и это будет основанием для НДПИ. Следовательно, маркировка угольного сырья должна чётко соответствовать **товарному углю**. Именно по такому углю ведётся учёт статистическими органами государства и биржевыми агентствами рынка для реализации потребителям.

Итак, установленные марки ископаемым углям в недрах будут являться учётной единицей при подсчёте запасов и деления запасов по маркам. Марки, установленные по угольному сырью (добычному углю), являются товарными знаками продукции, которые можно кодировать по ГОСТ 30313. Поэтому ГОСТ 25543 предусматривает маркировку углей расчётным путём, это позволяет недропользователю в период разработки углей пластов определиться с марочным составом в целом по объекту и правильному расчёту способствуют данные величин классификационных параметров опорных скважин, по которым выделены блоки по маркам.

Касательно международной практики классифицирования углей на экспорт, то на мировом рынке угли реализуются под товарными брендами: для коксования HCC (Hardcokingcoal), PHCC (Premium Hardcokingcoal), для пылеугольного вдувания PSI (PulverizedCoalInjection), для коксования и индустрии SSCC (Semi-softcokingcoal) и энергетики TC (Thermalcoal). При специализированной оценке товара как бренда используются показатели, например, для коксующихся углей они представлены по территориям рынка: Азиатско-Тихоокеанский, Южноамериканский, Европейский и США (таблица 5.7).

Таблица 5.7. – Качественная характеристика угольных товарных брендов по данным Argus (www.argusmedia.com)

Распространение	FSI	Ro	CSR	V^{daf}	S_t^d	A^d	ddpm	W^r	Бренд
Азиатско-Тихоокеанский									
fob Australia	9	1,52	70	19,5	0,6	10,5	160	10	PHCC-Austr
Australia, north China, delivered Japan, India	7-9	1,1-1,65	min 67	до 25	0,75	11,0		10,5	PHCC
Australia, China, India	7-9	1,1-1,5	min 58	19-28	0,85	10,5		11	HCC mid-vol
North China	7-9	1,1-1,5	min 67	до 25	0,6	10,5		10,5	HCC low-vol
Европейский и Американский									
USA fob Hampton Roads	7-9	1,4-1,7	57-70	17-22	1,0	7-9	100-200	9	HCC low-vol
USA fob Hampton Roads	8-9	1-1,1	min 60	31-34	1,1	до 8	30,000+	9	HCC higt-vol A
USA fob Hampton Roads	7-9	до 1,0	до 59	34-37	0,9-1	до 8	20,000+	9	HCC higt-vol B
EU delivered Rotterdam	7-9	1,4-1,7	57-70	17-22	1,0	7-9	100-200	9	HCC low-vol
fob Colombia	7-9	1,0-1,5	min 62	24-28	1,0	10		10,5	HCC mid-vol

Это существенные отличия от российского подхода классифицирования углей. В частности, в таблице 5.8 приведено сравнение угольных брендов НСС и SSCC и углей марок ГЖ, Ж, К, КО, ОС ГОСТ 25543-2013, из которого видно, что угольные марки с товарными международными брендами увязываются, например, с НСС и SSCC.

Заметим, в нашем случае коксующиеся угли марок ГЖ, Ж, К, КО, ОС вполне согласуются с угольными брендами НСС и SSCC, учитывая, что для марок спекаемость определена методом Сапожникова по толщине пластического слоя (y), а для брендов по пластичности углей методом Гизелера (F_{max}) - ГОСТ 32561-2013. Несомненно, отечественные компании проходят международные оценки разными методами: JORC, CRIRSCO (www.crirSCO.com/members.asp) и другие. По ним выявляются слабые места в ресурсной обеспеченности предприятия устойчивым качеством товара. Поэтому предлагаемая технологическая систематизация коксующихся углей пригодна для гармонизации марок и технологических групп с угольными биржевым брендами НСС и SSCC, если добавить в качестве ограничительных величин показателя F_{max} (таблица 5.9).

Таблица 5.8 – Сравнение угольных брендов НСС и SSCC и углей марок ГЖ, Ж, К, КО, ОС ГОСТ 25543-2013

Параметры качества угля и единицы измерения		HCC по Plattsspecs	HCC (средние) по Argus Media	HCC (эталон) по Argus Media	SSCC по Argus Media (2)	Особо ценные угли марок ГЖ, Ж, К, КО, ОС по ГБЗ
Выход летучих веществ	%	18,8-27,5	25,2	21,5	25-37	16-38
Зольность	%	8,5-10,5	15,6	9,3	9-12	≤ 10,0
Общая влага	%	9,0-11,0	8	9,7	9-11	9-11
Сера	%	0,4-0,7	0,3	0,5	0,45-0,60	
Фосфор	%	0,015-0,07	0,07	0,045	≤ 0,08	
Индекс свободного вспучивания	ед.	8,5	7	8,5	3-7	
Максимальная текучесть	ddpm	40-6000	30	500	≥ 1200	11-48080
Остаточный углерод	%				50-60	
Толщина пластического слоя	мм					10-35
Отражение витринита	%	1,17-1,52	1,0	1,42		0,8-1,79

Таблица 5.9 – Ограничительные величины с учётом биржевых показателей для установления направления использования коксующихся углей на экспорт

$R_{o,n}$, %	V^{daf} , %	y , мм	F_{max} , ddpm	Технологические группы	Типы углей	Угольные бренды
11-14	19-28	12-26	40-6000	КЖ, 1К, 2К, 2КО, 1КО, 1ОС	Коксующиеся (коксообразующие)	HCC Hard coking coal
08-11	25-37	20-26 ≥ 26	≥ 1200	2ГЖ, 2Ж		SSCC semi-soft coking coal
08-17	16-28	8-11	3-22	КСН, 1КС, 2КС, 2ОС	Коксующиеся (технологические)	Thermal/Industrial
07-10	29-41	13-20	66-1200	2Г, 1ГЖО, 2ГЖО, 1ГЖ, 1Ж		

Таким образом, применение технологической специализации есть один из путей решения проблемы единого деления углей по направлению их использования для внутреннего и внешнего рынка. Надо отметить, что подобные работы ведутся другими исследователями (Эпштейн, 2022), которые предлагают другой подход в части несогласованности классификаций и нормативно-технических документов.

5.2.2 Порядок формирования сырьевой базы углей недропользователя

Изучение качества и свойств углей в границах лицензии должно проводиться в виде геолого-технологического картирования, поэтому применительны документ (СТО РосГео 09-002-98), который предназначен для геолого-технологического картирования твёрдых полезных ископаемых и горных пород, и пособие (Ермолов и др., 2009). Картирование желательно сопровождать комплексным эколого-геохимическим исследованием углей (Рихванов и др., 1998), в этом случае Алгоритм действий при формировании сырьевой базы недропользователя выглядит следующим образом (рисунок 5.5).



Рисунок 5.5 – Алгоритм действий при формировании сырьевой базы недропользователя

Ниже по тексту, показана процедура установления технологической их ценности при подсчёте запасов углей в границах лицензионного участка и некоторые аспекты оценки марочного состава углей по пластам и в смеси пластов для определения пригодности будущей угольной товарной продукции для производства металлургического кокса (Охотников, 2022). В качестве примеров

использованы материалы отчётов НИР по объектам: **«Основное поле шахты «Тайбинская», Бачатский и Краснобродский разрезы.**

В целом формирование сырьевой базы недропользователя можно рассматривать как процедуру **оптимизации** углей по пластам при подсчёте запасов. Для коксующихся углей должны быть использованы метод ОКС (оценка коксующих свойств углей по индивидуальным уголям пластов) и метод ОКШ (оценка коксующих свойств углей в угольных шихтах).

На объекте **«Основное поле шахты «Тайбинская»** установлено:

- *по методике ОКС* угли пластов признаются коксующимися углями, но среди них угли пластов Внутренние, Горелый, Прокопьевский, ВП Прокопьевского относятся к коксообразующим углям, а угли пластов Мощный и Безымянный – к технологическим углям.

- *по методике ОКШ* рекомендуется для шихтования группировать угли пластов в марки КЖ (пласты Внутренний VII и Внутренний IV), марки К (пласты Внутренние III и I) и марки КО (пласт Внутренний II). объединить под маркой КЖ или К, и считать их высококачественной коксовой основой шихты для производства доменного кокса. Угли марки КО (пласты Горелый и Прокопьевский) и марки К пласта Прокопьевский в.п. следует объединить под маркой КО, их можно использовать в коксовой группе (марки К, ОС и КО) шихты для производства металлургического кокса. Угли марки КС (пласты Мощный и Безымянный) для металлургии можно использовать ограниченно.

Поэтому *для единого учёта запасов* уголь пласта Мощный признаётся энерготехнологическим углём, уголь пласта Безымянный – технологическим углём, остальные угли относятся к коксообразующим углям. **По классификации НДПИ** признать угли марок КЖ, К, КО виду «уголь коксующийся», а угли марки КС видом «уголь за исключением антрацита, уголь коксующийся и уголь бурый».

По ценности для глубокой переработки среди коксообразующих углей:

- высокоценными углями считать угли марки 2КОФ (пласт Внутренний II), марки КЖ (пласт Внутренний V) и марки 1КФ (пласты Внутренний I и ВП Прокопьевского);

- ценными углями являются угли марки 1КФ (пласты Внутренний IV и III) и марки КЖ (пласт Внутренний VII);

- менее ценными углями признаются угли марки 2КОФ (пласты Прокопьевский и Горелый).

По объектам **Бачатский и Краснобродский разрезы** показано применение метода формирования сырьевой базы углей недропользователя на основе критериев ценности – по типам и сортам углей с учётом их марочной специализации для последующего обогащения на ОФ «Бачатская Коксовая» и ОФ «Краснобродская».

При создании сырьевой базы из коксовых и коксово-отошающих углей для производства металлургического кокса необходимо провести нижеследующее:

- 1) Анализ ресурсной базы недропользователя и сырьевой базы коксующихся углей КХП меткомбинатов и прогноз ожидаемой номенклатуры товарных продуктов с оценкой их соответствия отдельным брендовым углям. Он заключается в оценке состояния сырьевой базы коксования РФ и марочного состава сырьевой базы коксовых и коксово-отошающих углей РФ марок К, КО, КСН, КС, ОС, ТС. В частности, выполняется анализ марочного состава углей пластов и их долевое участие в общих запасах недропользователя с последующим выделением углей не востребуемые для производства металлургического кокса. Далее определяется марочный состав запасов углей по геологическим структурам и их элементам на объектах добычи. В итоге рассчитывается общий баланс запаса углей по маркам и местам их сосредоточения.

- 2) Исследования пластов спекающихся углей горнодобывающих предприятий недропользователя для разработки угольных смесей пластов как сырья для получения угольных концентратов с заданными параметрами, пригодными для нужд промышленности. При выполнении оценки запасов на данном этапе должны быть предусмотрены следующие виды работ:

- оценка качества, коксующих свойств и технологической ценности углей пластов, отобранных на двух участках по всей угольной толще разреза;

- увязка полученных результатов с данными опробования ОТК и СЖС, расчёт угольных смесей по пластам для оценки устойчивости марки с заданными параметрами для производства товарного сырья на обогащение;

- разработка рекомендаций по эффективной разработке угленосных пластов в границах лицензии и горного отвода.

В качестве примера выбраны угли Бачатского и Краснобродского разрезов, являющиеся основными поставщиками угольной продукции под марками К (1К), КО (1КО) и КС (1КС) на КХП меткомбинатов РФ (таблица 5.10).

Таблица 5.10. – Основной марочный состав сырьевой базы коксовых и коксово-отошающих углей РФ марок К, КО, КСН, КС, ОС, ТС

Основные производители коксовых и коксово-отошающих углей		
Предприятия-поставщики	Добывающие предприятия	Марки
АО УК Кузбассразрезуголь	р. Бачатский, Красный брод	КО, КС, КСН
ООО ТрасГруз (АО Сибуглемет)	р. Междуреченский	ОС, КС, ТС
АО Стройсервис	ОФ Матюшенская, ОР поле шахты Коксовая, Барзасское поле с ОФ, уч Шестаки	К, ОС, КС, КСН
ООО РУК (Распадская угольная компания)	Шахты: Алардинская, Распадская-Коксовая	К ОС, КС, КСН
	Разрезы: Распадский, Распадский Коксовый	
ООО УК Анжерская Южная	ш. Анжерская Южная	ОС
АО ЦОФ Берёзовская	Шахты Берёзовская, Первомайская	КО, ОС, КС
АО ХК СДС-Уголь	ОФ Черниговская Коксовая Шахта Южная, р. Черниговский	КО, КС, КСН
АО ТопПром	ОФ Коксовая	ОС, КС
ООО ММК-УГОЛЬ	р. Новобачатский	КО, КС, КСН
МелТЭК (бывш Прокопьевскуголь)	р. Киселёвский, Прокопьевский разрез, Сибэнергоуголь, Степановский, ОФ Прокопуголь, поле ш. Дзержинская (Зенковская), уч Бунгурский Северный	ОС, КС, КСН, ТС

В таблицах 5.11 и 5.12 показан марочный состав и долевое участие в общих запасах Бачатского и Краснобродского угольных разрезов, входящих в состав холдинга «Кузбассразрезуголь» и распределение марок по геологическим структурам.

Было установлено, что формирование сырьевой базы недропользователя будет обеспечиваться углями филиала Бачатского УР в следующем марочном составе: КОвм – 17 %, КОнм – 42 %, КС+КСН – 41 % и углями филиала Краснобродского УР в следующем марочном составе: КОвм – 29 % и КОнм (с большой долей вероятности), КС, КСН – 37 % (таблица 5.13).

Таблица 5.11. – Марочный состав запасов углей на Бачатском РУ

Участок работ	Марка	Доли, %	
север	КОвм	34	57
западный борт	КОнм	23	
север	КСН (КС)	2	43
западный борт	КСН	10	
Север+западный борт	КО (КС)	4	
Север+западный борт	КСН	27	
ИТОГО		100	100

Таблица 5.12 – Марочный состав запасов углей на Краснобродском РУ

Структура	Марка	Добыча, %	Запасы, %
Марки по геологическим структурам			
Центральная синклиналь (Восточное и западное крылья)	КО	41	42
	КО,КС,КСН	59	58
Нулевая синклиналь (Восточное и западное крылья)	КО	58	49
	КО,КС,КСН	42	51
I Западная синклиналь (Восточное и западное крылья)	2ГЖО	42	41
	КС,КСН	58	59
По маркам на участке работ			
Распределение марок по участку	КО	29	29
	2ГЖО	15	14
	КО,КС,КСН	36	37
	КС,КСН	21	20

Далее пласты ранжируются по объектам добычи и маркам углей пластов, и составляется таблица марочного состава и долевого участия в общих запасах Бачатского и Краснобродского угольных разрезов

Бачатский УР

- I Внутренний – К (1К)
- II Характерный – КО (1КО)
- Горелый – К (1К) и КО (1КО)
- II Прокопьевский – КО (1КО)

Краснобродский УР

- IV Внутренний – К (1К) – КО (1КО)
- III Внутренний – КО (1КО)
- II Внутренний – К (1К)
- II бис Внутренний – КО (1КО)
- Горелый – СС (2СС)
- I Прокопьевский – КС (1КС)

Таблица 5.13 – Марочный состав и долевое участие в общих запасах Бачатского и Краснобродского угольных разрезов

По филиалу Бачатский угольный разрез						
Участок, Месторождение, № лицензии	Промышленные запасы по маркам (тыс. т.) КО, КСН	В том числе по маркам, %				
			КО	КСН		
Бачатское, КЕМ 11703 ТЭ, Бачатский угольный разрез	165815		69,8	30,2		
Бачатское, Участок 2-ая очередь Бачатского разреза, КЕМ 01613 ТР						
По филиалу Краснобродский угольный разрез						
Участок, Месторождение, № лицензии	Промышленные запасы по маркам (тыс. т.) ГЖО, К, КО, КСН, КС	В том числе по маркам, %				
		ГЖО	К	КО	КСН	КС
Общие запасы Новосергеевского м-я, КЕМ 11670 ТЭ, Краснобродский угольный разрез	124277	12,3	1,4	37,4	3,7	45,2
	ИТОГО	По маркам				
	Бачатский УР			34,9	15,1	
	Ккраснобродский УР	6,2	0,7	18,7	1,9	22,6
	Итого	6,2	0,7	53,6	17,0	22,6
	По марочной ценности для коксохимического производства					
	Ценные	54,3				
	Менее ценные	22,6				
	Не ценные	23,1				

Результаты оценки коксующей способности, углепетрографических показателей с рефлектограммами по R_o, r и мацеральным составом углей сводятся в единую таблицу (таблица 5.14) и сопровождается графиками структуры смесей (рисунок 5.6).

Таблица 5.14 – Характеристика основных угольных смесей – угольных продуктов с заданными параметрами

Показатели	Бачатский УР			Краснобродский УР		
	Смесь 1	Смесь 1а	Смесь 2	Смесь 3	Смесь 4	Смесь 5
$A_{\text{к-т}}^{\text{д}}$	8,3	7,3	6,5	7,1	6,4	7,5
$V_{\text{к-т}}^{\text{daf}}$	27,3	25,8	25,2	29,0	30,0	23,9
Y	14	13	10	13	11	6
Ro,r	1,12	1,15	1,08	1,11	1,04	1,13
V _t ,	53	49	46	56	50	38
I,	33	35	39	31	35	43
S _v ,	8	9	9	7	10	13
ММ,	7	7	6	6	6	6
Пс, %	83,2	82,9	80,3	81,5	80,8	15,0
Марка и группа	К+КО	К+КО	КО	К+КО	КО	КС
$K^{\text{КС}}$	1,04	1,04	0,93	0,96	0,82	0,55
$K^{\text{ПТК}}$	0,86	0,86	0,75	0,78	0,66	0,09
$K^{\text{ГП}}$	0,54	0,47	0,38	0,63	0,51	0,22
$K^{\text{ГС}}$	0,09	0,02	-0,03	0,22	0,15	-0,03
АПМ	8	8	5	7	5	2
ПГЦ	0,58	0,52	0,37	0,62	0,42	0,12
ТЦ	0,48	0,43	0,29	0,50	0,34	0,01

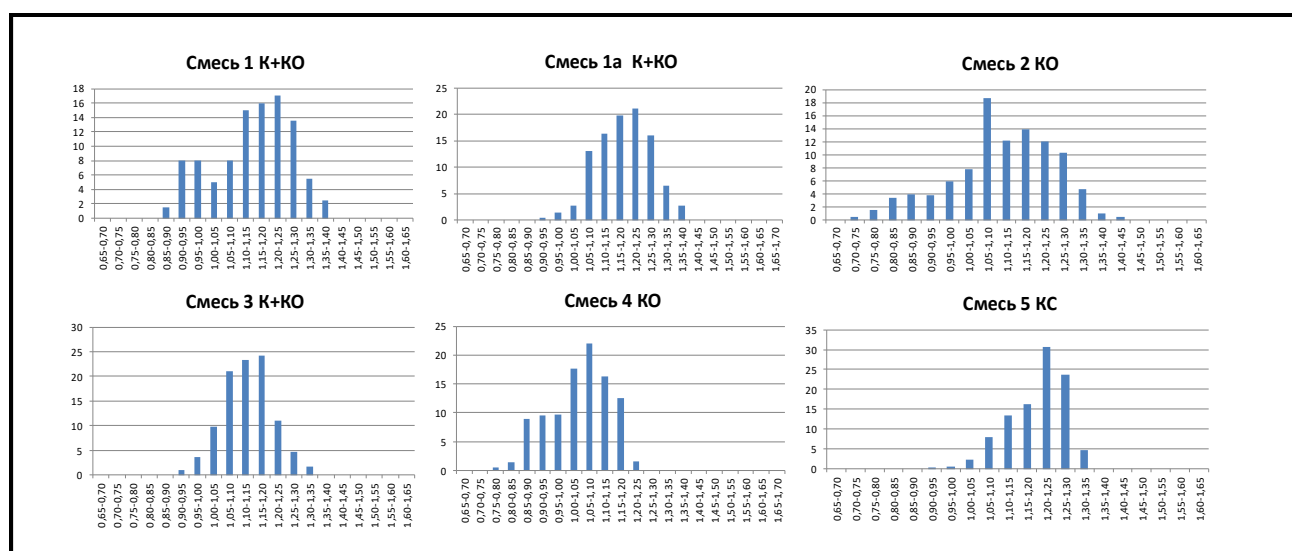


Рисунок 5.6 – Рефлектограммы изменения показателя Ro,r угольных смесей 1-5

Учитывая изложенное установлено, что использование данных о типах и подтипах углей в границах участка разработки в виде технологических групп позволяет сформировать сырьевую базу недропользователя, приемлемую для получения товарной продукции с заданными параметрами качества и свойств, что доказано результатами эксплуатационных работ.

5.3 Характеристика распределения энергетических и коксующихся углей Кузбасса с применением технологической и энергетической специализации

Предложенный единый учёт запасов каменных углей Кузбасса не только по маркам, но и технологическим группам с делением коксующихся и энергетических углей по типам на коксообразующие, технологические, энерготехнологические и топливные угли для формирования сырьевой базы недропользователя рассматривается автором на примере резервных разведанных запасов А+В+С₁ Кузнецкого бассейна по балансу 2024 года по марочному составу углей (рисунок 5.7).

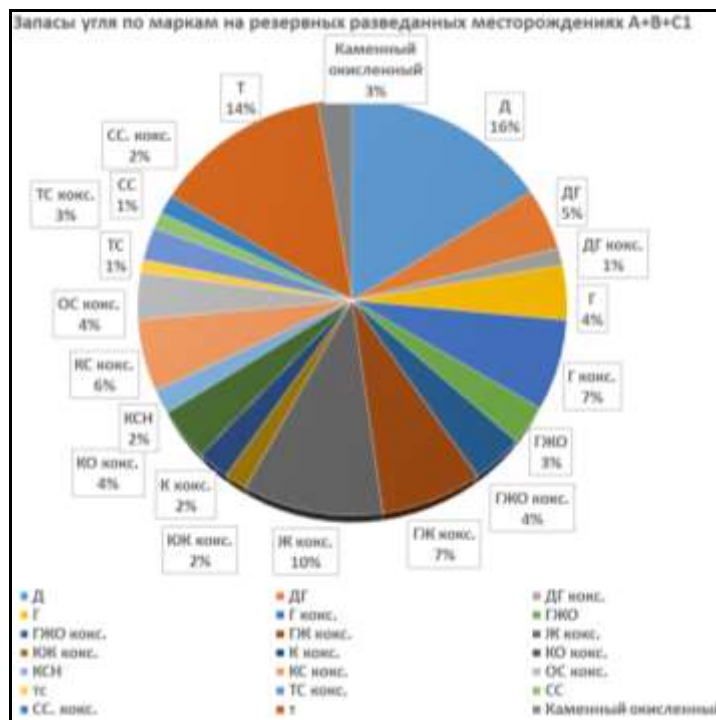


Рисунок 5.7. – График распределения запасов Кузнецкого бассейна 2024 году по марочному составу углей

Видно, что по марочному составу углей достаточно сложно вести учёт как угольных ресурсов в ГБЗ, так и взимание налогов за использование недр, учитывая необязательность недропользователя и низкие требования ГКЗ к проведению лабораторных испытаний (Авгушевич, 2018) для определения коксующихся свойств углей.

Рассматривая направление использования углей в виде их промышленно-энергетической специализации как критерий оценки для глубокой переработки, можно, вполне обосновано, вести учёт по ставкам НДС. Например, коксообразующие угли будут соответствовать ставке 57 руб./тонна, технологические угли следует приравнять к антрацитам со ставкой 47 руб./тонна, энерготехнологические угли по ставке 24 руб./тонна и топливные каменные угли приравнять к бурым углям со ставкой 11 руб./тонна.

Таким образом, устраняется главная проблема – несогласованность ГОСТ 25543-2013 с классификацией НДС, также решается другая сторона проблемы это выделение особо ценных углей в ГБЗ, ими являются коксообразующие угли, как и в целом, распределение углей по технологической и энергетической специализации. Из демонстрации графика распределения запасов Кузнецкого бассейна 2021 года по промышленно-энергетической направленности углей видно, что намного упрощается получение информации о ценности углей бассейна (рисунок 5.8).

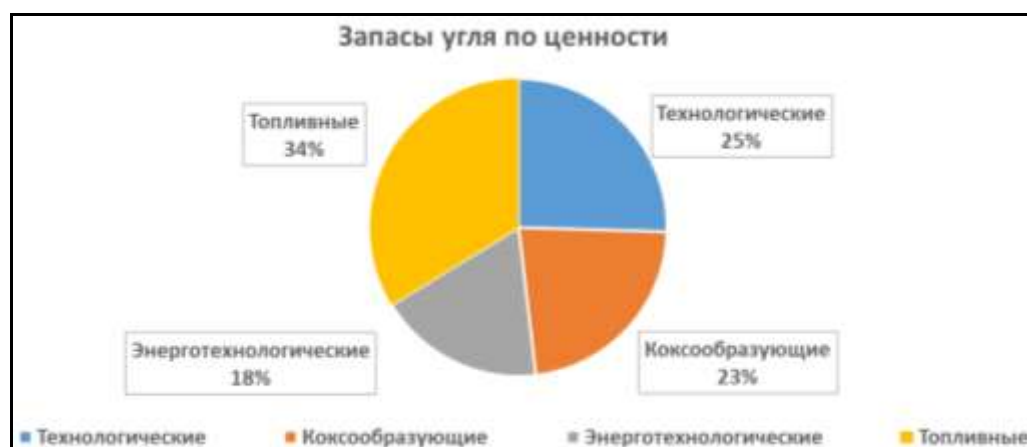


Рисунок 5.8 – График распределения запасов Кузнецкого бассейна 2024 году по промышленно-энергетической специализации углей – критерию ценности углей для технологий глубокой переработки

Теперь главное, наличие дифференциации по промышленной и энергетической направленности применения углей на стадии разведки в границах участка лицензии при передаче с государственного баланса на баланс недропользователя позволяет ему утверждённые в ГКЗ запасы, после защиты ТЭО, использовать как основу для формирования сырьевой базы углей недропользователя. Это важное нововведение упрощает раскройку пластов при проектировании и отработку запасов участка недр при добыче, при этом позволяя детализировать перспективный план освоения запасов по годам при планировании горных работ.

Обозначенный учёт способствует более детальному учёту запасов (Российский кодекс публичной отчётности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах, запасах твёрдых полезных ископаемых - Кодекс НАЭН, 2014; Шаклеин, 2011). Эта проблематика освещалась автором в специализированных геологических журналах авторы (Охотников и др. 2019; Охотников и др., 2017). В статьях изложены доводы о необходимости изменения нормативно-методической и стандартизированной документации и предложения по типизации запасов для гармонизации с международными классификациями. Суть решения сводится к следующему. Участники рынка, угледобывающие предприятия добывают востребованные технологические, коксующиеся угли и отгружают подготовленную угольную продукцию с высокими показателями качества. Они не так остро ощущают изменения цены и спроса на свою продукцию (Охотников и др., 2017). Получается, что рынок стимулирует производителей угля реализовывать ценное угольное сырьё с выдержанным качественным составом при наличии таковых в недрах, а при их отсутствии таких углей готовить ликвидную угольную продукцию с заданными параметрами качества. В мире на биржевых площадках идёт торговля **брендами** (www.argusmedia.com, www.spglobal.com/platts), под которыми понимается определённый набор качественных характеристик с привязкой к географическому объекту, угольной компании. Это значит, что в ценообразовании учувствуют репутационные риски,

надёжность качественной продукции, понимание объёмов затрат на глубокое изучение углей для переработки.

Вывод. Метод выделения блоков по маркам на основе технологической систематизации - данные о классе, типе и подтипе углей, в границах участка разработки детализация углей по технологическим группам позволяет сформировать сырьевую базу недропользователя. На её основе можно получать приемлемую товарную продукцию с заданными параметрами качества и свойств, которая хорошо увязывается с категорийностью запасов, отражающих изученность качества и свойств углей и их достоверность по марочному составу углей по пластам и по геологическому объекту, т.е. лицензионному участку недр. При таком подходе утверждённые запасы становятся основой для формирования сырьевой угольной базы недропользователя, тем самым обеспечивается планирование и реализация товарной продукции на внутренний рынок и экспорт.

Таким образом, защищаемое положение на основании приведённых доводов позволяют считать доказанным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной научно-квалификационной работе автором были решены задачи, связанные с обобщением существующих и выявлением новых закономерностей изменения качества и свойств углей кольчугинской и балахонской серий Кузнецкого бассейна.

1. На основе анализа научной литературы и нормативно-технической документации, направленной на обеспечение достоверного выделения марок углей, выполнена систематизация геологического материала предыдущих исследований. Изучены закономерности качества, вещественно-петрографического состава и метаморфизма, восстановленности, с использованием ИК спектроскопии, марочного состава каменных углей на исследуемых угольных объектах Кузбасса и существующие регрессионные модели. Разработаны ограничительные величины, ограничительные величины, которые позволяют, аргументировано определять направления использования углей.

2. Разработан алгоритм определения достоверности генетических и технологических свойств углей в границах лицензионного участка и способ определения опорных точек разведочных скважин для выделения блоков по маркам и технологических границ между марками углей в разведочной сети с использованием применения стратиграфического, вертикального и горизонтального градиентов показателя R_o, r . Такой подход обеспечивает расчёт оптимального количества опорных точек и плотность разведочной сети для пересчета запасов по маркам при постановке на баланс недропользователя.

3. На примерах показаны основные принципы нахождения границ блоков по маркам и границ технологических групп с целью выделения коксующихся углей для правильного и объективного подсчёта запасов по маркам и деления запасов по марочному составу и специализации по направлениям использования.

4. Сформулирована и предложена последовательность применения систематизации углей по их направлениям использования в виде запасов для

формирования сырьевой базы недропользователя в границах участка лицензии. Показано применение ограничительных величин показателей марочного состава и технологических групп углей для создания товарной продукции с заданными параметрами.

5. Изложенные результаты исследования внедрены в практику работ в виде новой процедуры дифференциации углей по маркам, группам и подгруппам в границах участка разработки. На примерах Прокопьевско-Киселёвского (уч. Основное поле шахты Тайбинское и Акташская) и Талдинского (уч. Отвальный глубокий 1 и 2) месторождений Кузнецкого бассейна, а также на углях месторождений Бачатское и Краснобродское и показаны результаты создания смесей по пластам и по маркам при формировании сырьевой базы недропользователя с заданными параметрами качества и свойств.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ

ГКЗ – Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых	
ГБЗ – Государственный баланс запасов	
МПР – министерство природных ресурсов	
МЧМ – министерство черной металлургии	
СФО – Сибирский федеральный округ	
ТПИ – твёрдые полезные ископаемые	
ТЭО – технико-экономическое обоснование	
ТЭД – технико-экономический доклад	
МПИ – месторождения полезных ископаемых	
Сибнедра – Департамент по недропользованию по СФО	
ЦКР-ТПИ Роснедра – Центральная комиссия по разработке месторождений твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию	
НДПИ – налог на добычу полезного ископаемого	
ИГиРГИ – Институт Геологии Разработки Горючих Ископаемых	
ФТС – Федеральная таможенная служба	
ВУХИН – Восточный научно-исследовательский углехимический институт.	
АССО – Алтае-Саянская складчатая область	Ro, r – показатель отражение витринита
С-КА – Салаир-Кузнецкий Алатау	$\sum OK$ – сумма фюзенизированных компонентов
ГОСТ – Государственный стандарт	V^{daf} – выход летучих веществ
ГДП – геологическое доизучение площади	u – толщина пластического слоя
ГРР – геологоразведочные работы	бол. – большой
ГГС – Государственная геодезическая сеть	мал. – малый
ПО – программное обеспечение	пр. – правый
ОТ – опорные точки	лев. – левый
абс. отм. – абсолютная отметка	св-во – свидетельство
коэфф. – коэффициент	сред. сод. – среднее содержание
ЧУП – чистые угольные пачки	бл. – подсчётный блок
верт. – вертикальный	кат. – категория запасов
гл. – глубина	

Сокращения нормативно-методических документов и ссылка в списке литературы

- МР ГКЗ по оформлению – ссылка 46
 МР ГКЗ классификация запасов – ссылка 47
 МР ГКЗ по количественной оценки – ссылка 48.
 МР ОЭРН по количественной оценки – ссылка 49
 МР ГКЗ обоснование кондиций – ссылка 50.
 МР ВИМС по оценки ресурсов – ссылка 51.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авгушевич И.В. Стандартные методы испытаний углей. Классификации углей / И.В. Авгушевич, Е.И. Сидорук, Т.М. Бронивец. — М.: «Реклама мастер», 2018. — 576 с.
2. Аммосов И. И. Основные принципы неодинакового состава и свойств ископаемых углей / сборник статей. Химия и генезис твёрдых горючих ископаемых. — М.: Изд-во АН СССР, 1953. — С. 26–37.
3. Аммосов И. И. Промышленно-генетическая классификация углей СССР / И.И. Аммосов, Б.Г. Бабашкин, Н.П. Гречишников, И.В. Еремин. — М.: Изд-во АН СССР, 1964.—175 с.
4. Арцер А. С. Угли Кузбасса: происхождение, качество, использование / А. С. Арцер, С. И. Протасов. — Кемерово.: Изд-во КузГТУ, 1999. — 334 с.
5. Атлас верхнепалеозойских углей Кузнецкого бассейна. Файлы: Академическая и специальная литература / А.Б. Травин, Э.М. Сендерзон, В.П. Шорин, Т.А. Громова, Е.Е. Иванькова, К.С. Пермитина, М.Е. Попова, В.Ф. Шугуров, Т.С. Юсупов. Под общ. ред. И.Н. Звонарева. — Новосибирск. : Наука (Сибирское отделение), 1966. — 367с.
6. Бабенко В. П. Вещественный состав углей СССР / В. П. Бабенко. — Ростов.: Изд-во ЮФГГУ, 1989. — 192 с.
7. Боголюбова Л. И. Исходный растительный материал торфа приморских областей голоценового торфонакопления (Генезис осадков и фундаментальные проблемы литологии) / Л. И. Боголюбова. — М. : Наука, 1989. — С. 151–175.
8. Броневец Т. М. О взаимосвязи показателя свободного вспучивания с другими характеристиками качества угля / Т. М. Броневец, С. Г. Гагарин, И. В. Ерёмин // Химия твёрдого топлива. — 1988. — № 5. — С. 46–51.
9. Видавский В. В. Органическая масса углей в связи с их коксующими свойствами / В. В. Видавский, Н. Я. Рябоконева // Геолого-химическая карта Донецкого бассейна. — Харьков.: Укргостехиздат, 1941. — Вып. 5 — С. 251–256.
10. Волкова И. Б. Вещественный состав углей // Угольная база России. — М.: Геоинформмарк, 2004. — Т. 6. — С. 226–256.
11. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. — М.: Недра, 1969. — Т. 7. — 912 с.
12. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. — М.: Недра, 1978. — Т. 12. — 259 с.
13. ГОСТ 17070-2014. Угли. Термины и определения бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. — М.:Стандартинформ, 2015. — 15 с.
14. ГОСТ 25543-2013. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. — М.:Стандартинформ, 2014. — 18 с.

15. ГОСТ Р 59261-2020. Угли бурые, каменные и антрациты. Разделение на стадии метаморфизма и классы по показателю отражения витринита. – Введ. 01.04.2021. – М.: Стандартинформ, 2020. – 4 с.
16. ГОСТ 70207-2022. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 18 с.
17. Еремин И. В. Марочный состав углей и их рациональное использование: справочник / И. В. Еремин, Т. М. Броновец. – М.: Недра, 1995. – 254 с.
18. Ерёмин И. В. Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса / И. В. Ерёмин, А. С. Арцер, Т. Ф. Броновец. – Кемерово: Притомское, 2001. – 399 с.
19. Ермолов В.А. Горнопромышленная геология / В.А. Ермолов, Л.Н. Ларичев, Т.В. Тищенко, Ю.И. Кутищев. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.
20. Жемчужников Ю. А. Основы петрологии углей / Ю. А. Жемчужников, А. И. Гинзбург. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 400 с.
21. Закон РФ от 21.02.1992 № 2395–1 (ред. от 26.07.2010) "О недрах" // Российская газета от 15.03.1995. № 52.
22. Иванов В. П. Критерии формирования сырьевой базы неспекающихся и слабоспекающихся углей для технологических производств и энергетики/ Иванов В. П., Страхов В.М. // Кокс и химия. – 2016. – № 12. – С. 5 – 8.
23. Иванов В. П. Комплексная оценка коксующих свойств и ценности ископаемых углей для производства доменного кокса / Иванов В. П. // Кокс и химия. – 2018. – № 2. – С. 2 – 10.
24. Иванов В. П. Влияние спектральных характеристик окисленности и восстановленности углей на их технологические показатели. / В. П. Иванов, А. С. Станкевич // Кокс и химия. – 2003. № 9. – С. 21 - 23.
25. Иванов В. П. Промышленно-энергетическая классификация углей для типизации запасов / В. П. Иванов // Недропользование XXI век. – 2015. - № 5. – С. 116–123.
26. Иванов В. П. Развитие научных направлений в области исследования углей и других углефицированных веществ / В. П. Иванов // Кокс и химия. – 2021. – № 3. – С. 1–4.
27. Иванов В. П. Оценка технологической ценности каменных углей для коксования на основе их генетических и технологических преимуществ. // Кокс и химия. – 2008. – № 6. – С. 2–9.
28. Иванов В. П. Комплексная оценка каменноугольно-пермских угленосных отложений и разработка промышленно-энергетической классификации ископаемых углей : дис. ... докт. геол.-минерал. наук. Томск. – 2015. 348 с.
29. Информационный портал Argus Media [Электронный ресурс]. – <https://www.argusmedia.com>
30. Информационный портал S&P Global Platts [Электронный ресурс]. <https://www.spglobal.com/platts>

31. Исламов С.Р. Глубокая переработка угля // Уголь. 2024. – №6. С 30-37.
32. История геологического изучения угольных бассейнов / Н. К. Говорко, Д. Л. Мозесон, И. И. Молчанов [и др.]. – М.: Наука, 1976. – 256 с.
33. Касаточкин В. И. Строение и свойства природных углей / В. И. Касаточкин, Н. К. Ларина. – М.: Недра, 1975. – 159 с.
34. Кирюков В. В. Методы исследования вещественного состава твёрдых горючих ископаемых: учеб. пособие / В. В. Кирюков. – Л. : Недра, 1970. – 240 с.
35. Кирюков В.В. Геолого-промышленная оценка угольных месторождений: Учебное пособие / В.В. Кирюков, А.М. Дмитриев, Н.П. Очкур – Л.: изд. ЛГИ, 1987– 97 с.
36. Клер В.Р. Изучение и геологическая оценка качества углей при геологоразведочных работах / В.Р. Клер – М.: Недра, 1975. – 318 с.
37. Клер В.Р. Обработка материалов разведки месторождений угля / В.Р. Клер – М.: Недра, 1977. – 178 с.
38. Коудельный В.Я. К вопросу о рациональном размещении разведочных скважин при разведке месторождений угля в Кузбассе / В.Я. Коудельный // Известия Томского политехнического института. – Томск. :, 1972. – С. 53–58.
39. Крекова А.В. О целесообразности налогообложения части запасов полезных ископаемых, списываемых с баланса горных предприятий в связи с нецелесообразностью их отработки по технико-экономическим условиям / А. В. Крекова, С. В. Шаклеин // Налоги и финансы. – 2010. – № 4. – С. 20–23.
40. Крылова Н. М. Петрографическая характеристика углей класса гелитолитов на разных стадиях регионального метаморфизма / Н. М. Крылова, Л. И. Сарбеева // Вопросы метаморфизма углей и эпигенез вмещающих пород. – Л. : Наука, 1968. – С. 68–87.
41. Методика для определения коэффициентов технологической ценности угольного сырья, используемого в РФ для производства кокса. – Екатеринбург. : Изд-во ФГУП ВУХИН, 2009. – 12с.
42. Методика поисков и разведки угольных месторождений Печорского бассейна. : М-во геол. СССР. Полярно-Урал. произв. геол. объединение. Под ред. И.И. Молчанова – М.: Недра, 1981, - 260 с.
43. Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна / Коллектив авторов. – М.: Недра, 1972. – 340 стр.
44. Методика разведки угольных месторождений Кузнецкого бассейна. – Кемерово. : Кемер. кн. изд-во, 1978. – 235с.

45. Методические рекомендации по дифференциальной идентификации углей, полукоксов и коксов группы 27, позиции 2701, 2702 и 2704, субпозиции 2701 11, 2701 12 ЕТН ВЭД России. – Екатеринбург.: Изд-во ФГУП ВУХИН, 2011. – 46 с.
46. Методические рекомендации по применению «Классификации запасов к месторождениям углей и горючих сланцев». – 2007. – 31 с.
47. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых горючих ископаемых. Угли и горючие сланцы. – 2007. [Электронный ресурс] – Доступ из информ.- правовой системы «Консультант Плюс».
48. Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических модулей месторождения угля его истинному состоянию. 2007. [Электронный ресурс] – Доступ из информ.- правовой системы «Консультант Плюс».
49. Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических моделей месторождения угля его истинному состоянию: ОЭРН. – М. : Кемерово. 2011. – 86 с.
50. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчёта запасов месторождений твёрдых горючих ископаемых. Угли и горючие сланцы. 2007. [Электронный ресурс] – Доступ из информ.- правовой системы «Консультант Плюс».
51. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – Выпуск 1 Принципы оценки. – М.: ВНИЭМС, 2006.- 86 с.
52. Миронов К.В. Разведка и геолого-промышленная оценка угольных месторождений / К.В. Миронов – М.: Недра, 1977. – 252 с.
53. Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика / К.В. Миронов – М.: Недра, 1991. - 365 с.
54. Отчет о НИР «Разработать критерии и методические рекомендации по переоценке углей в соответствии с ГОСТ 25543-82» / В.И. Вялов, А.В. Васякова, Е.И. Поляковская, и др. – Ростов-на-Дону: ВНИГРИУголь, 1986. – 158 с.
55. Охотников К. В. Влияние классификации угольных запасов на формирование сырьевой базы добывающего предприятия/ Охотников К. В. // Кокс и химия. – 2019. – № 9. – С.8-12.
56. Охотников К. В. Перспективы типизации запасов углей для единого учета / Охотников К. В. // Известия ТПУ. – 2020. – № 6. – С.8–12.
57. Охотников К. В. Роль опорных точек разведочной сети и достоверность оценки свойств и качества углей пластов / К. В. Охотников, В. П. Иванов // Разведка и охрана недр. – 2018. – № 6. – С.21-25.
58. Охотников К. В. Роль промышленно-энергетической классификации ископаемых углей в новой классификации геологических запасов ТПИ / В. П. Иванов, А.А Торгунаков, К. В. Охотников // Недропользование XXI век. – 2017. – № – 6 С. 104–112.

59. Охотников К.В. Основные направления использования каменных углей и типизация запасов. / В.П. Иванов, К.В. Охотников // Рациональное освоение недр. — 2017. — № 3. — С. 60–64.
60. Охотников К.В. Особенности формирования сырьевой базы угледобывающего предприятия на основе угольных запасов в границах лицензии / К.В. Охотников, В.П. Иванов, А.А. Дмитриенко // Минеральные ресурсы. — 2022. — № 5. — С.30–36
61. Охотников К.В. Особенности выделения технологических групп в марках при подсчёте запасов углей / В.П. Иванов, К.В. Охотников // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 6. — С.42–48.
62. Панченко С. И. Различия строения и свойств витринитов равнометаморфизованных углей / С. И. Панченко, К. С. Пермитина, А. К. Ветрова // Химия твёрдого топлива. — 1967. — № 4. — С. 18–25.
63. Пах Э.М. Плотность сети детальной разведки и опробования угольных месторождений в Кузбассе / Э.М. Пах, Э.М. Сендерзон // Вопросы геологии Кузбасса. Известия Томского политехнического института. — Томск.: 1959. — С. 296–307.
64. Пах Э. М. Руководство по методике определения и оценке качества углей Кузбасса при геологоразведочных работах: отчет по тематической работе // Э. М. Пах // Кузбасская геологическая экспедиция. — Ленинск-Кузнецкий. — 1969. — 144 с.
65. Плакиткин Ю. А. Налоговое регулирование в угольной отрасли основных стран мира, включая Россию / Ю. А. Плакиткин, К. И. Дьяченко // Горная промышленность. — 2014. — № 6. — С. 18–24.
66. Плакиткин Ю. А. Новые сценарии развития экономики России: оценка цен и финансово-экономических показателей развития угольной промышленности до 2025 года / Ю. А. Плакиткин, Л. С. Плакиткина // Уголь. — 2019. — № 2. — С. 40–46.
67. Положение «О порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям». 2007 [Электронный ресурс] — Доступ из информ.- правовой системы «Консультант Плюс».
68. Постановление верховного совета РФ №3314-1 о порядке лицензирования пользования недрами от 15 июля 1992 года [Электронный ресурс] — Доступ из информ.- правовой системы «Консультант Плюс».
69. Постановление правительства Российской Федерации №486 от 20 июня 2011 г. Об утверждении классификации углей, являющихся объектом налогообложения налогом на добычу полезных ископаемых [Электронный ресурс] — Доступ из информ.- правовой системы «Консультант Плюс».

70. Приказ от 30 сентября 2008 № 232 Методика расчета минимального (стартового) размера разового платежа за пользование недрами [Электронный ресурс] – Доступ из информ.-правовой системы «Консультант Плюс».
71. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1582-р от 13.06.2020г. «Об утверждении Программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года» [Электронный ресурс] – Доступ из информ.-правовой системы «Консультант Плюс».
72. Рихванов Л. П. Комплексное эколого-геохимическое исследование углей / Л. П. Рихванов, В. В. Ершов, С. И. Арбузов // Уголь. – 1998. – № 2. – С. 54 – 57.
73. Российский кодекс публичной отчётности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах, запасах твёрдых полезных ископаемых (Кодекс НАЭН). – М.: НП НПЭН, 2014. – 107с.
74. Сарбеева Л. И. О восстановленности углей и типах витринита. Вопросы метаморфизма углей и эпигенеза вмещающих пород / Л. И. Сарбеева – Л.: Наука, 1968. – С.37–45.
75. Сборник международных горных кодексов. – М.: Издательство «Горная книга», 2015. – 248 с.
76. Станкевич А. С. Комплексный показатель характеристики технологической ценности углей и концентратов углеобогадательных фабрик / А. С. Станкевич, Ю. В. Золотухин // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2015. – № 9. – С. 15–25.
77. Стадников Г. Л. Самовозгорающиеся угли и породы, их геохимическая характеристика и методы опознавания / Г. Л. Стадников – М.: Углетехиздат, 1956. – 478 с.
78. Степанов П. И. Теория поясов и узлов угленакопления // Юбилейный сборник, посвященный тридцатилетию Великой Октябрьской Социалистической революции : в 2 ч. – М.: –Л. : Изд.-во АН СССР, 1947. – Ч. 2. – С. 172–193.
79. Степанов Ю. В. Закономерности преобразования органического вещества / Ю. В. Степанов // Угольные бассейны и условия их формирования. – М. : Наука, 1980. – С. 15–16
80. СТО РосГео 09-002-98. Твёрдые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование. Методы. – М. : Стандарт Российского геологического общества, 1998. – 41 с.
81. Стуков М.И. и др. Коэффициенты ценности углей и их определение / М. И. Стуков, Л. Г. Ольшанский, В. А. Леушин [и др.] // Кокс и химия. – 1990. – № 6. – С. 2–5.
82. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2021 года / И.Г. Таразанов, Д.А. Губанов // Уголь. 2021. – № 12. – С. 40–48.
83. Тимофеев П. П. Угленосные формации процессы их седиментогенеза. Геологическая генетическая классификация углей // Угольная база России. – М. : Геоинформарк, 2004. – Т. 6. – С. 19–23.

84. Угольная база России. – М.: Геоинформмарк, 2004. – Т. 6. – 779 с.
85. Угольная база России. Принципы современной промышленной классификации углей / Г. К. Хрусталёва, И. В. Ерёмин, Т. М. Броневец – Т. 1. – М.: Геоинформмарк, 2004. – С. 353–357.
86. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.
87. Хрусталева Г. К. Направления и способы использования углей в рамках экологически чистых технологий / Г. К. Хрусталева, Г. А. Медведева – М. : Геоинформмарк, 2000. – 54 с.
88. Шаклейн С.В. Методические рекомендации по проведению количественной оценки степени соответствия геологических моделей месторождения угля его истинному состоянию / Рогова Т.Б., Шаклейн С.В. – Кемерово ОЭРН, 2011. – 86 с.
89. Эпштейн С. А. Классификация и кодификация – гарантия обеспечения качества угольной продукции / С. А. Эпштейн, О. И. Супруненко, С. В. Ржевская, Д. Л. Широчин // Уголь. – 2009. – № 1. – С. 48–50.
90. Эпштейн С. А., Шинкин В. К. Показатели качества углей для разных направлений использования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 4. – С. 5–16.
91. Arbuzov S. I., Spears D. A., Ilenok S. S., Chekryzhov I. Yu, Ivanov V. P. Modes of occurrence of germanium
92. Arbuzov S. I., Spears D. A., Vergunov A. V., Ivanov V. P., Zarubina N. A. Geochemistry, mineralogy and genesis of rare metal (Nb–Ta–Zr–Hf–Y–REE–Ga) coals of the seam XI in the south of Kuznetsk Basin, Russia // Ore Geology Reviews. 2019. № 113. С. 1–19.
93. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. The JORC Code, 2012 Edition. Fully translated into Russian – М.: Polymetal International plc., 2012. 137 с.
94. Australian guidelines for the estimation and classification of coal resources. 2014.
95. Automated petrographic characterization of coal lithotypes International Journal of Coal Geology, Volume 1, Issue 4, February 1982, Pages 347–359 John C. Crelling
96. Bechtel, b', M. Hamor-Vido c, R.F. Sachsenhofer a, D. Reischenbacher, R. Gratzera, W. Pdttmann The middle Eocene Markushegy subbituminous coal (Hungary): Paleoenvironmental implications from petrographical and geochemical studies/International Journal of Coal Geology 72 (2007) 33 – 52
97. CIM. Coal. Guidelines for best practices in coal (CIM).
98. CIM. Definition Standards on Mineral Resources and Reserves (The CIM Definition Standards). 2014. 9 с.

99. Claus F.K. Diessel Utility of coal petrology for sequence-stratigraphic analysis *International Journal of Coal Geology* 70 (2007) 3 – 34
100. Coal | Geoscience Australia | Australian energy facts [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ga.gov.au/education/classroom-resources/minerals-energy/australian-energy-facts/coal> (дата обращения: 24.11.2020).
101. Coal Act Regulation [Электронный ресурс]. URL: https://www.bclaws.ca/civix/document/id/complete/statreg/251_2004 (дата обращения: 24.11.2020).
102. Coal royalties and reporting | Alberta.ca [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alberta.ca/coal-royalties-and-reporting.aspx> (дата обращения: 24.11.2020).
103. Coal Royalty Guidelines. Alberta Energy Mineral Revenues Division [Электронный ресурс]. 1993. С. 30. URL: <https://training.energy.gov.ab.ca/Guides/1993CoalRoyaltyGuidelines.pdf> (дата обращения: 24.11.2020).
104. Colin R. Ward , Zhongsheng Li, Lila W. Gurba Variations in elemental composition of macerals with vitrinite reflectance and organic sulphur in the Greta Coal Measures, New South Wales, Australia *International Journal of Coal Geology* 69 (2007) 205 – 219
105. CRIRSCO - Committee for mineral reserves International reporting standards [Электронный ресурс]. URL: <http://www.crirSCO.com/members.asp> (дата обращения: 24.11.2020).
106. D. Flores a', L.C. Gama Pereira b, J. Ribeiro a, B. Pina b, M.M. Marques a, M.A. Ribeiro a, I. Bobos a, A. Pinto de Jesus a. The Bu[^]aco Basin (Portugal): Organic petrology and geochemistry study *International Journal of Coal Geology* 81 (2010) 281-286
107. Dai S. Metalliferous coal deposits in East Asia (Primorye of Russia and South China): a review of geodynamic controls and styles of mineralization / S. Dai, I. Y..Chekryzhov, V. V. Seredin [et al.] // *Gondwana Reseach.* – 2016. – Vol. 29. – P. 60-82.
108. Dai S. Metalliferous coal deposits in East Asia (Primorye of Russia and South China): a review of geodynamic controls and styles of mineralization / S. Dai, I. Y..Chekryzhov, V. V. Seredin [et al.] // *Gondwana Reseach.* – 2016. – Vol. 29. – P. 60–82.
109. Dragana Zivotic, Branimir Jovancicevic,, Jan Schwarzbauerc, Olga Cvetkovic, Ivan Grzetic, and tungsten in the Spetsugli germanium ore fi eld, Pavlovka brown coal deposit, Russian Far East // *Ore Geology*
110. GlobalCOAL — Home of the world’s leading online coal trading platform, SCoTA & coal price data [Электронный ресурс]. URL: <https://www.globalcoal.com/>.
111. Hirsch P. B. Structural model of coals // *Proc. Res Confon Science in use of Coal*, Sheffield, Apr. 1958. – Landon: Ins. of Fuel– P. 29–35.
112. Ivanov V. P., Bondarenko I. S. Assessing coke structure // *Coke and Chemistry*. 2013. Vol. 56 (9). P. 326–331.

113. J. Reyes, F. Goodarzi, H. Sanei, L.D. Stasiuk, W. Duncan. Petrographic and geochemical characteristics of organic matter associated with stream sediments in Trail area British Columbia, Canada/ *International Journal of Coal Geology* 65 (2006) 146–157
114. JORC : Mineral Resources and Ore Reserves [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jorc.org/> (дата обращения: 24.11.2020).
115. Krzak M., Paulo A. Modern trade standards for steel raw materials // *Gospodarka Surowcami Mineralnymi — Mineral Resources Management*. 2018, vol. 34, no. 4, pp. 25–50. DOI:10.24425/122585.
116. Lin M. Perspective of comprehensive exploitation of the valuable elements of Chinese coal / M. Lin, G. Bai, P. Duan // *Energy Explor. Exploit.* – 2013. – Vol. 31, № 4. – P 623-627. <https://doi.org/10.1260/0144-5987.31.4.623>
117. Marko Ercegovace, Ksenija Stojanovic, Aleksandra Sajnovic. The petrographical and organic geochemical composition of coal from the East field, Bogovina Basin (Serbia) *International Journal of Coal Geology* 81 (2010) 227-241
118. Mazumder B. Coal structure and classification // *Coal Science and Engineering*. – India: Woodhead Publ., 2012. – P. 76–99, 426–451.
119. Metal Bulletin Coking Coal Index Guide Methodology and Specifications August 2016 [Электронный ресурс] // URL https://www.metalbulletin.com/Assets/pdf/MB/Metal_Bulletin_Coking_Coal_Methodology_Aug_2016.pdf (дата обращения: 20.02.2022).
120. Ministerial guidelines for description of a mineral resource - Earth Resources [Электронный ресурс]. URL: <https://earthresources.vic.gov.au/legislation-and-350-regulations/guidelines-and-codes-of-practice/ministerial-guidelines-for-description-of-a-mineral-resource> (дата обращения: 24.11.2020).
121. Nevena Andrić, Nevena. Fügenschuh, Bernhard, Dragana Životić, Vladica Cvetković The thermal history of the Miocene Ibar Basin (Southern Serbia): new constraints from apatite and zircon fission track and vitrinite reflectance data/ *GEOLOGICA CARPATHICA*, FEBRUARY 2015, 66, 1, 37–50
122. North L., Blackmore K., Nesbitt K., Mahoney M. R. Models of coke quality prediction and the relationships to input variables. A review // *Fuel*. 2018, vol. 219, pp. 446–466. DOI:10.1016/j.fuel.2018.01.062.
123. Quarterly Coal Report - Energy Information Administration.
124. R.F. Sachsenhofer,*, V.A. Privalov, A. Izart, M. Elie, J. Kortensky, E.A. Panovae, A. Sotirova, M.V. Zhykalyak. Petrography and geochemistry of Carboniferous coal seams in the Donets Basin (Ukraine): implications for paleoecology. *International Journal of Coal Geology* 55 (2003) 225–259.

125. Reviews. 2020. Режим доступа: <https://authors.elsevier.com/c/1cSIEcTGy8bU>.
126. Rita Susilawati, Colin R. Ward. Metamorphism of mineral matter in coal from the Bukit Asam deposit, south Sumatra, Indonesia/ *International Journal of Coal Geology* 68 (2006) 171–195
127. Seredin V. Metalliferous coals: a review of the main genetic and geochemical types / V. Seredin, R. Finkelman // *International Journal of Coal Geology*. – 2008. – Vol. 76. – P. 253–289. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2008.07.016>.
128. Strehlau K. Facies and genesis of Carboniferous coal seams of Northwest Germany // *Int. J. of Coal Geol.* – 1990. – Vol. 15, iss. 4. – P. 245–292.
129. Todoschuk T. W., Price J. P., Gransden J. F. Development of coke strength after reaction (CSR) at Dofasco // *Iron and Steel Technology*. 2004, vol. 1, no. 3, pp. 73–84.
130. Vassilev, S. V., Vassileva, Ch., Baxter, D., Andersen, L. K. 2010. Relationships between chemical and mineral composition of coal and their potential applications as genetic indicators. Part 1. Chemical characteristics. *Geologica Balcanica*, 39(3), 21–41