

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

**КОМПЛЕКТ КАРТ
МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ ДОНЕЦКОГО
БАСЕЙНА**

**[поверхности палеозоя, срезов: —400, —1 000,
—1600 и структурных планов угольных пластов**

c_6^1 и k_5]

Масштаб 1 : 500 000

Киев 1991

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
УКРАИНСКОЕ ГЛАВНОЕ КООРДИНАЦИОННО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ
УПРАВЛЕНИЕ "УКРГЕОЛОГИЯ"

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ "ДОНБАССГЕОЛОГИЯ"

КОМПЛЕКТ КАРТ
МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ ДОНЕЦКОГО
БАССЕЙНА

(поверхности палеозоя, срезов:
-400 м, -1000 м, -1600 м и
структурных планов угольных
пластов с₆¹ и к₅)

Масштаб 1:500000

Подготовлена в Артемовской ГРЭ ПГО "Донбассгеология"

Редактор С.Г.Храпкин

Редколлегия: А.В.Михелис, Н.Я.Конельский, А.И.Невзоров
В.А.Сколов, Л.И.Солопова

Составили: М.Л.Левенштейн, О.И.Спирина

Киев 1991

Комплект карт метаморфизма углей Донецкого бассейна (поверхности палеозоя, срезом: -400 м, -1000 м, -1600 м и структурных планов угольных пластов C_6^I и C_5). Левенштейн М.Д., Спирина О.И. и др. ИГО "Донбассгеология". ГлавКУ "Укргеология". Киев, ЦГЭ, 1991, 104 с.

Комплект карт метаморфизма карбоновых углей Донецкого бассейна (поверхности палеозоя, срезом: -400 м, -1000 м, -1600 м, структурных планов угольных пластов C_6^I и C_5) выполнены на современной геологической основе, дополненной данными геологоразведочных работ последних лет.

Границы зон метаморфизма построены согласно эталонной шкалы метаморфизма клареновых углей Донбасса, разработанной в результате исследований авторов по углях углехимических, петрографических и физических параметров свойств углей между собой и с их градациями ГОСТа 25543-88.

В объяснительной записке изложены теоретические основы метаморфизма углей Донбасса, методика геолого-углехимических построений, показаны этапы развития и пути эффективного использования донецкой промышленно-генетической классификационной диаграммы не только для клареновых, но и для дорено-клареновых углей: рассмотрены особенности использования показателя отражения витринита при геометризации зон метаморфизма, приведены примеры использования эталонной шкалы при решении геолого-промышленных задач.

Рис. 13, табл. 5, библиогр. 135 назв.

Рецензент М.И. Шамаев

Материалы утверждены Украинским филиалом Научно-редакционного совета Министерства геологии СССР 25 декабря 1985 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	7
Краткий геологический очерк о Донецком бассейне . .	9
Общие сведения	9
Геотектоническая позиция и границы Донецкого бассейна	9
Стратиграфия и литология каменноугольных отложений Донецкого бассейна	10
Тектоника	15
Магматизм	21
Угленосные формации Донецкого бассейна	24
Угленосность	25
Качество углей	28
Запасы углей и их освоение	31
Метаморфизм углей Донецкого бассейна	32
Эмпирические закономерности изменения метаморфизма углей	33
Поле метаморфизма углей, градиент метаморфизма и его составляющая	35
Типы метаморфизма, факторы и кинетика процессов	37
Методика работ	43
Особенности построения геологической основы мелкомасштабных карт метаморфизма углей на погоризонтных срезах	43
Методика геолого-углехимических построений	46
Исходные теоретические и эмпирические материалы, используемые при геолого-углехимических построениях	47
Об основных показателях метаморфизма углей	47
Генетическая классификационная диаграмма донецких углей	48
Группировка антрацитов Донецкого бассейна	56
Особенности использования показателя отражения витринита при геолого-углехимических построениях	59
Эталонная шкала метаморфизма углей Донбасса	67
Анализ погрешностей, принятых показателей метаморфизма в его непрерывном ряду	73

	Стр.
Подбор оптимальных показателей качес. ва углей Донбасса для определения метаморфизма и степени восстановленности	74
Разделение углей на стадии, группы метаморфизма	76
О распределении углей различной степени метаморфизма на глубоких горизонтах Донбасса по данным погоризонтных карт-срезов	80
Заклучение	82
Литература	91
Приложение.	
Обозначение аналитических показателей, приведенных в тексте (СТ СЭВ 750-77)	102

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является этапом изучения закономерностей метаморфизма углей на основе углехимических и петрографических исследований, выполненных за весь период проведения геологоразведочных и горных работ. Задачей исследований являлось обобщение накопившегося обширного геолого-углехимического материала в виде комплекта из 5 карт метаморфизма углей м-ба 1:500 000. Карты построены по поверхности палеозоя, на погоризонтных срезах -400 м, -1000 м и -1600 м и структурных планов угольных пластов c_6^I и k_5 .

Последнее картографическое обобщение данных по метаморфизму углей Донбасса было выполнено М.Л.Левенштейном в виде "Структурной карты Украинской части Большого Донбасса по угольным пластам k_5 и c_6^I (с зонами метаморфизма)" и "Карты распространения групп метаморфизма углей Украинской части Большого Донбасса м-ба 1:500 000" /58, 59/, которые ныне стали библиографической редкостью. Эти карты были построены на основе комплекса параметров качества клареновых углей, которые взаимосвязаны в форме классификационной диаграммы ДонУГИ - треста "Артемгеология" (ныне ШГО "Донбассгеология"). Широкое использование классификационной диаграммы стало возможным благодаря узкому диапазону изменения микрокомпонент по составу углей среднего карбона Донбасса, в результате чего свойства углей определялись преимущественно регионально проявляющим себя фактором метаморфизма углей и локально усложняющим его фактором восстановленности, отражающим условия произрастания и накопления органической массы. Единственным неудобством в использовании классификационной диаграммы было отсутствие единого для всего ряда метаморфизма параметра. В середине 60-х годов в практику геологоразведочных работ для оценки степени метаморфизма началось широкое внедрение по-

казателя отражения витринита, который обладает рядом преимуществ в сравнении с традиционными углехимическими показателями: независимостью от микрокомпонентного состава углей, однонаправленным изменением и требует для своего определения незначительной навески угля. По всем угольным бассейнам с целью оценки углей по одному оквзному показателю стали строить карты на основе показателя отражения витринита (R_v).

Первые карты метаморфизма углей по Донецкому бассейну масштаба 1:500 000 на поверхности карбона и среза -1000 м были выполнены авторами в соответствии с требованиями инструктивных материалов "ВНИИзарубежгеология" /133/. Они были использованы в качестве графических приложений к сводному докладу советской делегации в Постоянной Комиссии СЭВ. Предлагаемая работа является определенным этапом дальнейшего развития составления такого типа сводных карт.

Для составления сводных карт метаморфизма в целом по Донецкому бассейну были представлены карты марочного состава с данными метаморфизма углей в виде изореспонд м-ба 1:500 000, составленные по Восточному Донбассу (РСФСР) в ИГО "Жгеология" старшими геологами К.Б.Носовой и И.П.Поповым под редакцией В.А.Соколова /131/; по Северному Донбассу - старшими геологами Г.Г.Ворониной, В.С.Ледовым и И.П.Тулаковым /127/; по Западному Донбассу (Новомосковский и Павлоградский районы) - О.Г.Дубровской /128/, по Юго-Западному Донбассу - О.И.Спириной, И.И.Громыко, Г.Г.Жерновой /134/.

Обработка и увязка материалов в едином ключе в целом по Донецкому бассейну выполнены М.Л.Левенштейном (научный руководитель), ст.геологом О.И.Спириной (отв.исполнитель) и Г.Г.Жерновой.

Формирование графических приложений осуществляли картографы М.Л.Цыганкова, И.Ю.Побережнюк, В.Н.Гавжеева, Н.А.Кобзарь, А.А.Кравсун, М.С.Бутенко, А.И.Постоева, Л.А.Емельянова, А.М.Ильашенко, М.Я.Вимцева, Б.Н.Бондарев.

В процессе составления сводных карт метаморфизма возник ряд задач методического характера, которые необходимо было решить с целью правильной увязки зон метаморфизма различных районов и верного использования часто разнородной информации, особенно в местах перехода бурных углей в каменные и каменные в антрациты. Кроме того, необходимо было попытаться найти способ преодоления несоответствия требований ГОСТов 25543-82, 25544-88 и исторически сложившейся и на практике себя оправдавшей донецкой шкалы ме-

таморфизма. Поэтому помимо картосоставительских работ О.И.Спириной были проведены исследования по выявлению критерия по выбору оптимальных показателей метаморфизма, оценки погрешностей параметров метаморфизма, оценки применимости показателей отражения витринита при прогнозных геолого-углехимических построениях. Принципы и методика геолого-углехимических построений нашли развернутое отражение в излагаемой записке.

КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК О ДОНЕЦКОМ БАСЕЙНЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Донецкий бассейн расположен на юге Европейской части СССР в пределах Днепропетровской, Донецкой, Ворошиловградской областей УССР и Ростовской области РСФСР. Общая площадь бассейна составляет 60 тыс.км², из которых 23 тыс.км² приходится на старшие районы, охватывающие в основном его обнаженную часть.

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И ГРАНИЦЫ ДОНЕЦКОГО БАСЕЙНА

Донецкий прогиб располагается между Украинским щитом и Воронежским кристаллическим массивом и является средним звеном субширотного позднепалеозойского линеймента - Доно-Днепровского (Большедонбасского) прогиба. В Центральной (Приосевой) его части кристаллический фундамент опущен на глубину 10-22 км по системе крупных краевых разломов (по данным ГСЗ). В центральном грабене (авлакогене) предполагается наличие мощных отложений девона (3-5 км) и позднего рифея (5-10 км). Вышележащие верхнепалеозойские отложения в этой зоне накапливались в субгеосинклинальных условиях, имеют огромную мощность (5-20 км), интенсивно дислоцированы в завальскую и фальшскую фазы и образуют Донецкое складчатое сооружение - основную часть Донецкого угольного бассейна.

Краевые разломы отделяют от Донецкого складчатого сооружения бортовые части Донецкого прогиба: Северный Донбасс, представляющий собой южный моноклиальный склон Воронежской антеклизы и Западный Донбасс - северо-восточный склон Украинского щита.

На этих площадях отсутствует девон, мощности карбоновых отложений (1-5 км) значительно меньше, чем в Центральном грабене, условия осадконакопления в карбоне субплатформенные, складчатости практически нет.

Таким образом, Донецкий угольный бассейн с геотектонических позиций является в целом политипным образованием. Основная центральная (окладчатая) его часть обладает чертами, характерными для геосанклинального типа формаций, а бортовые части тяготеют к субплатформенному типу формаций.

На северо-западе Складчатый Донбасс граничит с Днепровско-Донецкой впадиной. Граница здесь условная и определяется по погружению продуктивных угленосных толщ карбона на недоступные для освоения глубины (более 1800 м). На востоке контур Донбасса проводится по генетической линии выклинивания угольных пластов вследствие замещения угленосной формации безугольными флишодными отложениями.

СТРАТИГРАФИЯ И ЛИТОЛОГИЯ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДОНЕЦКОГО БАСЕЙНА

Исследования, разведка и освоение огромной по мощности угленосной толщи были бы немислимы без детального литолого-стратиграфического расчленения отложений карбона и единой системы индексации угольных пластов и маркирующих горизонтов известняков.

Такая схема, разработанная Л.И. Лутугиным и его последователями, широко известна под названием схемы Геологического комитета (Геолком, 1898-1915 гг.).

В огромной по мощности терригенной толще карбона многократно повторяются циклы осадконакопления, заключающие пласты углей и известняков, расположение которых в разрезе выдерживается на больших площадях. Индивидуальные особенности состава и строения известняков и углей, характерные сочетания их в разрезе позволяют многим из этих горизонтов проследить на всей площади бассейна. Именно поэтому в лутугинской литостратиграфической схеме детального расчленения донецкого карбона в основу положены пласты известняков и углей.

Нижний карбон расчленен на пять, средний - на семь и верхний - на три свиты. Каждой свите присвоен порядковый номер, буквы латинского алфавита, показывающие место свиты в разрезе отложения.

Пласты известняка и угля в каждой свите обозначаются (снизу вверх) присвоенной свите буквой (известняки - заглавной, угли - строчной) и порядковым номером внизу. Например, в свите S_2^5 пласты известняка имеют индексы K_1, K_2, K_3 и т.д., а угли - k_1, k_2 и т.д.

Единая синонимика угольных пластов и известняков послужила общей основой для всех последующих геологических работ в бассейне. Она и ныне остается базой для детальной стратиграфии в промышленной геологии, разведке и общих исследованиях. Некоторые изменения в схему Геолкома были внесены в 1937 г. (XII Международный геологический конгресс) в связи с новыми биостратиграфическими исследованиями, уточнившими представление о границах верхнего карбона.

В начале 50-х годов возникла необходимость в детальном расчленении нижнего карбона в связи с выявлением и интенсивной разведкой промышленной угленосности в верхневизейских и серпуховских отложениях западных районов Донецкого бассейна. В схеме Геолкома эта толща детально не расчленена, т.к. она слабо обнажена и в стратиграфическом разрезе на р.Кальмиусе представлена неугленосными отложениями. В процессе разведки верхневизейской промышленной толщи была разработана детальная индексация заключенных в ней угольных пластов, а толща была выделена в самостоятельную свиту под названием "самарская" с индексом $S_1^3(C)$. Положение выделенной свиты несколько отличается от положения свиты S_1^3 в схеме Геолкома. На рис. I приведена современная схема расчленения карбона и система индексации угольных пластов и маркирующих известняков.

Кроме литостратиграфического расчленения на свиты, в разрезе донецкого карбона выделены биостратиграфические зоны, составляющие ярусы единой стратиграфической шкалы карбона СССР. Биостратиграфическое расчленение донецкого карбона базируется на широком изучении фораминифер, брахиопод, кораллов, пелеципод, мшанок и флоры. Многократное чередование морских и континентальных отложений в разрезе карбона создает объективные предпосылки для детальной биостратиграфической корреляции с другими регионами.

Границы биостратиграфических подразделений (в т.ч. и границы отделов) не совпадают с литологическими границами свит и это естественно, учитывая различие принципов их выделения.

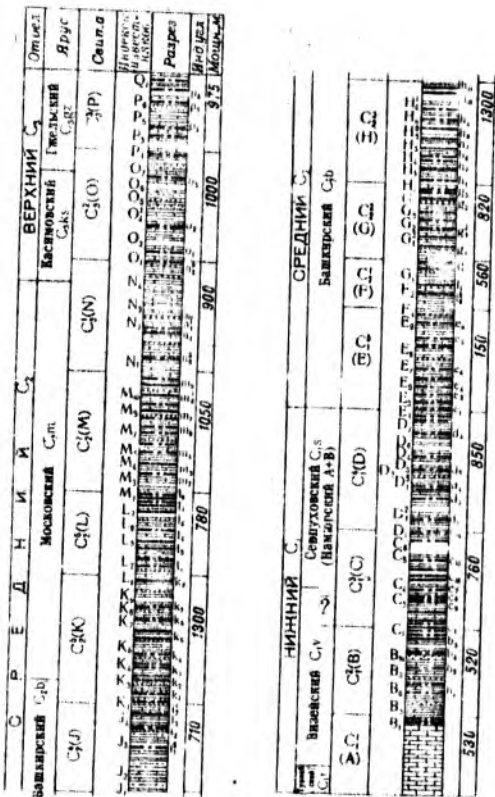
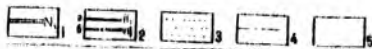


Рис. 1. Стратиграфическая колонка каменноугольных отложений Донецкого бассейна



1 — известняки, на индекс; 2 — угли, на индекс; а) рабочей мощности; б) нерабочей мощности; 3 — песчаники; 4 — алевролиты и алевролитовые сланцы; 5 — аргиллиты и глинистые сланцы.

Примечание. Границы сент нижнего карбона и индексы известняков приведены по схеме Главгеологии УССР

Положение некоторых био- и стратиграфических границ в разрезе донецкого карбона остается еще спорным. Особенно дискуссионным является положение границ серпуховского яруса, введенного в схему карбона СССР решением МСК в 1975 г. Одни исследователи относят всю угленосную свиту C_1^3 к верхнему визе, другие полностью или частично — к нижнесерпуховским отложениям. В настоящее время большинство био- и стратиграфов проводит нижнюю границу среднего карбона по известняку B_1 .

Граница между балкироким и московским ярусами проводится по известняку K_3 . Граница между средним и верхним карбоном принимается по известняку N , или N_1 . Высказываются мнения о более высоком положении этой границы — на уровне известняка O_1 .

В верхнем визе произошла коренная перестройка общего палеогеографического плана в Донецком прогибе. Почти на всей его площади карбонатная формация сменяется терригенными отложениями. За время от верхнего визе до нижней перми включительно в прогибе накопилась сложно-циклически построенная толща терригенных отложений, мощность которой (до инверсии) в центральной части прогиба на западе была около 10 км, а на юго-западе до 20 км. На бортах происходит постепенное уменьшение мощности и на платформенном обрамлении она составляет 1,5 км и меньше. Схема изменения мощности карбона приведена на рис. 2. По литолого-фациальным особенностям терригенная толща неоднородна. В ней выделяется несколько формаций. Особенности развития климата предопределили формирование гумидных формаций в карбоне и аридных — в перми. Среди терригенных гумидных формаций карбона доминирующее значение имеют угленосные. Только в наиболее интенсивно погружавшейся части прогиба, на востоке бассейна, угленосные отложения латерально сменяются сланцевым флишем. Такой переход происходит на различных стратиграфических уровнях, причем переходная зона мигрирует в широких пределах.

Угленосные отложения Донецкого бассейна представлены разнообразным комплексом терригенных отложений, среди которых заключены относительно маломощные пласты углей и известняков. Терригенные породы составляют, как правило, 90-95% общей мощности всей формации. Представлены они аргиллитами, алевролитами, песчаниками. Гравелиты и конгломераты встречаются редко в виде пачек в песчаниках. Цвет пород преимущественно серый. Содержание пород различного гранулометрического состава в отдельных стратиграфических интервалах колеблется в широких пределах: в некото-

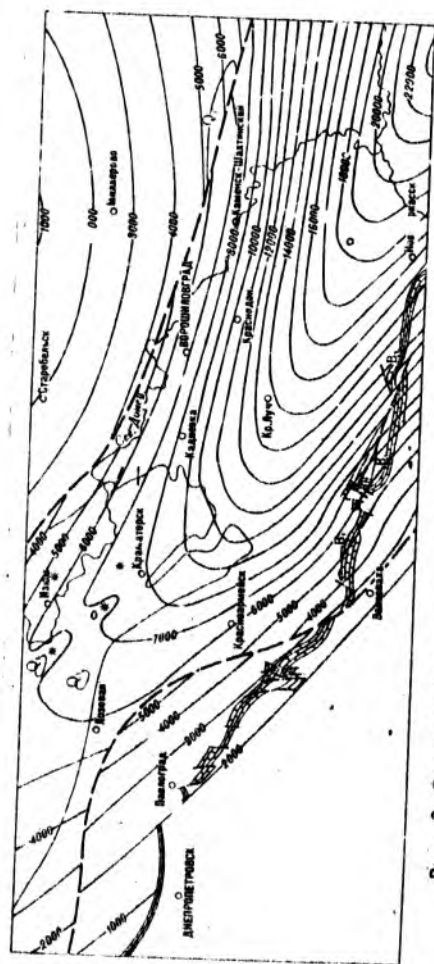


Рис. 2. Реконструкция мощностей палеозойской осадочной толщи



1 — элементы осадочной толщи карбона и перми (реконструкция), м; 2 — крупные разломы карбонетской толщи (С) южного обрамления бассейна; 3 — локальные нарушения; 4 — Солончаковые шоты; 5 — карбонатизация

рых свитах преобладают аргиллиты и алевролиты (до 80%), в других — объем песчаников достигает 40%.

Угленосные отложения Донецкого бассейна полифациальны. Среди них распространены отложения континентальных, морских и переходных (лагун, заливов, подводных выносов рек) фаций. При однообразном наборе фаций количественные соотношения их весьма различны как в разрезе, так и в пространстве. Смена фаций в разрезе угленосной формации и на площади проходит в определенной последовательности. Каждый последовательный фациальный ряд отражает обстановку осадконакопления.

В нижнем карбоне промышленные угли формировались в условиях широкого лагунного побережья. Для продуктивных свит среднего карбона характерна тесная связь обстановки низовьев речных долин с заливно-лагунной; именно с ними связана промышленная угленосность.

В циклически повторяющихся комплексах пород четко индивидуализированными и выдержанными по площади являются наиболее морские горизонты. Придавая циклам разного порядка стратиграфическое значение, донецкие геологи проводят границы между ними по известнякам, т. е. по породам, отражающим момент максимальной трансгрессии в каждом цикле.

Мощность элементарных циклов в угленосной формации весьма изменчива, но в целом для нижнего карбона характерны малые циклы около 5–6 м, а в среднем и верхнем карбоне они в 3–4 раза больше, некоторые равны 40–50 м. В восточном направлении и к оси прогиба, параллельно с увеличением мощности отложений, увеличивается мощность циклов и происходит их расширение.

ТЕКТОНИКА

Донецкий бассейн в структурном плане неоднороден. Он включает в себя внутреннюю область Дюно-Днепровского прогиба от Днепровско-Донецкой впадины на западе до вала Карпинского на востоке и бортовые части прогиба на платформенных склонах Воронежского кристаллического массива и Украинского щита. Борта выражены моноклиналими: Старобельско-Миллеровской на севере и Новооскоково-Петропавловской на юге. Для них характерны тектонические формы платформенного типа — пологие (2–5°) прерывистые складки и разрывы в виде оброзов.

Во внутренней области прогиба в результате герцинических (заальская и пфальцская фазы) и альпийских орогенических процессов возникло сложное сооружение (складчатый Донбасс). Между складчатым сооружением и Старобельско-Миллеровской моноклиалью имеется грабен шириной 8-20 км, который рассматривается как переходная зона между этими структурами.

При тектоническом районировании Донецкого бассейна в области складчатого сооружения дополнительно выделяются структурные зоны по интенсивности и типу складчатости и разрывов. На рис. 3 показана структурная схема Донецкого бассейна и положение угленосных или геолого-промышленных районов.

Северный борт (Старобельско-Миллеровская моноклиаль)

В пределах моноклинали каменноугольные отложения залегают на кристаллических породах Воронежского массива. Отложений девона нет. Склон массива погружается с севера на юг под углом 1-2°. Соответственно, с теми же углами, погружается карбон, на котором несогласно залегают верхнемеловые отложения. На юго-западе развита триада и совсем на незначительной площади - юра. Максимальная глубина погружения фундамента 2900 м. На юге моноклиаль ограничена конседиментационным Красноноречким сбросом древнего заложения. Амплитуда сброса по среднему карбону 50-200 м. Опущен южный блок. Моноклиаль осложняют слабовыраженные прерывистые складки и небольшие сбросы.

Переходная зона между платформой и складчатым Донбассом

К этой зоне относится краевая часть Воронежской антеклизы, примыкающая к Донецкой складчатой системе. Граница зоны на севере - Красноноречкий сброс, на юге - Северодонецкий и Глубокийский надвиги. По отношению к складчатому карбону по двум последним надвигам она опущена на 600-2000 м. По Красноноречкому сбросу она, как уже указывалось, по карбону также опущена. Таким образом, зона представляет собой грабен. Через всю зону протягивается цепочка бурхиантиклинальных газоносных складок. Падения пологие 1-2, редко 4-10°. Глубина до кристаллического фундамента 3000-4800 м.

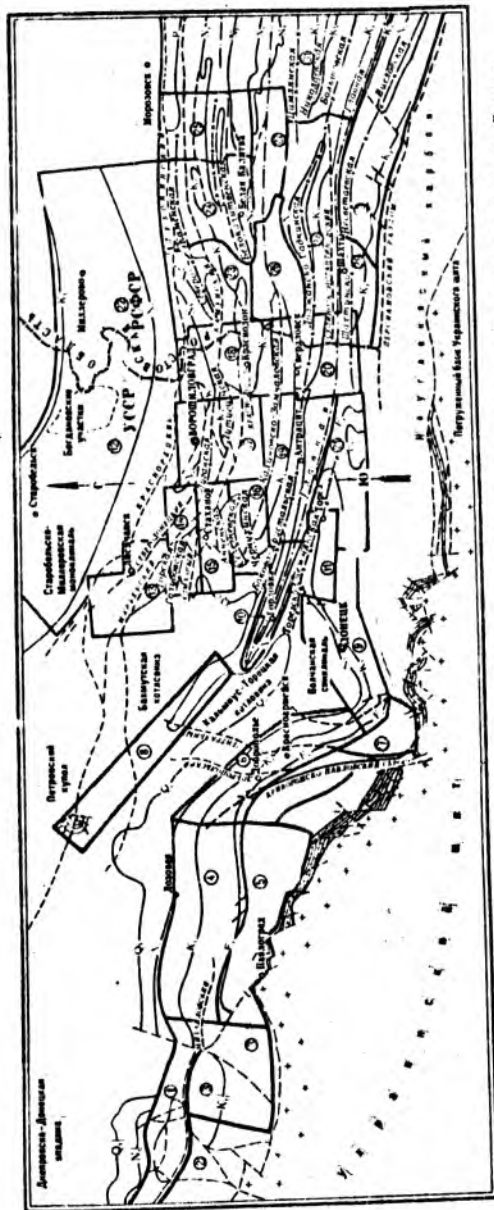


Рис. 3. Структурная схема Донецкого бассейна и положение геолого-промышленных районов

- 1 — номера геолого-промышленных районов и их границы; 2 — тектонические нарушения; 3 — оси антиклиналей; 4 — оси синклиналей; 5 — известняки и их выходы; 6 — карбонатная толща мелового карбона; 7 — кристаллические породы фундамента; 8 — границы республик.
- Районы: 1. Михайловско-Голубовский, 2. Петровский, 3. Новомосковский, 4. Лозовской, 5. Петропавловский, 6. Красноноречский, 7. Южно-Донецкий, 8. Северо-западное окраинный, 9. Донецко-Миллеровский, 10. Центральные, 11. Торезско (Чистиково)-Семенинский, 12. Старобельский, 21. Амвросиевский, 14. Марьевский, 15. Алачский, 16. Славянский, 17. Ворошиловградский, 18. Краснодонский, 19. Боково-Хрустальный, 20. Долгинский, 21. Амвросиевский, 22. Миллеровский, 23. Каменско-Ударовский, 24. Белокитовский, 25. Тацисский, 26. Гуково-Зеревский, 27. Краснодонский, 28. Селидовский, 29. Шахтинско-Несветельский, 30. Задонский, 31. Цимлянский.

Южный борт - Новооскоково-Петропавловская моноклираль

Южный борт Донецкого прогиба сохранился на юго-западной окраине бассейна. Это в современном структурном плане Новооскоково-Петропавловская моноклираль северного склона Украинского щита. Каменноугольные отложения залегают на кристаллическом основании, полого погружаясь к северо-западу ($I-5^{\circ}$). Моноклираль разбита многочисленными сбросами и имеет блоковое строение.

От Донецкого прогиба субплатформенный склон УЩ отделен южным краевым разломом, который охватывает системы Криворожско-Павловского и Михайловско-Юрьевского сбросов. Амплитуда Михайловско-Юрьевского разлома по поверхности кристаллического фундамента 500-2000 м. В башкирских отложениях он затухает. Криворожско-Павловский сброс также теряет амплитуду от нижних отложений к верхним: в выше она составляет 1200 м, в башкирских отложениях 180-400 м, а на границе с моновоским ярусом затухает. Глубина залегания фундамента с юго-запада на северо-восток увеличивается от 100 до 3000 м. В результате герцинских и последующих движений восточная часть южного борта прогиба была приподнята и палеозойский чехол уничтожен эрозией.

Складчатый Донбасс

Внутри Донецкого прогиба возникло сложное складчатое сооружение. Его границы на севере - Северодонецкий и Глубокоянский надвиги. Они в инверсированной форме отражают региональный Северодонецкий разлом, по которому фундамент складчатого Донбасса, а также девонские и нижнекарбонные отложения опущены на глубины 5-10 км. На юге границей складчатой системы Центральной части прогиба являются Михайловско-Юрьевский и Криворожско-Павловский разломы: к востоку от них современная южная граница распространения карбона проходит вглубь прогиба.

Граница между Донбассом и Днепровско-Донецкой впадиной (ДДВ) не имеет четкого выражения. Смена форм дислокации и состава отложений вдоль прогиба происходит постепенно. Выделяется обширная переходная зона, западная граница которой условно проводится от Криворожско-Павловского сброса на север через Мачебилдовский купол до Волчанковского купола,

затем она резко поворачивает на восток прямолинейно до Кременского купола. С востока переходная зона ограничена субмеридиональной линией, которая проходит через Волчанскую синклираль и далее к северу отделяет Главную антиклираль от Дружковско-Константиновской и огибает западные периклиналы мелких складок Алмазно-Мариевского района. Переходная область между Донецким бассейном и Днепровско-Донецкой впадиной включает в себя основную часть обширных котловин - Бахмутокой и Кальмиус-Торецкой. По широкому распространению пермских и мезозойских отложений, преобладаанию брахиформных структур (куполов) она тяготеет к ДДВ, а наличие выходов карбона в ядрах антиклиналей обближает ее с районами Донбасса. К переходной области часть исследователей относят также Красноармейскую моноклираль, другие рассматривают ее в составе южной прибортовой части Донбасса.

Складчатые и разрывные структуры Донбасса подчинены общему простиранию прогиба и повторяют коленообразный изгиб его в переходной зоне к ДДВ. В целом это система линейных складок, вытянутых вдоль прогиба. Отклонением от общего простирания являются круглые (40-70°) почти поперечные флексуры на юго-восточном крыле Кальмиус-Торецкой котловины. Они затухают к Главной антиклинали, а к северу от нее продолжение этой системы отражено в изгибе осей складок на замыкании Бахмутокой котловины.

Линейное простирание складок нарушает также поперечное Ровенское поднятие, четко выраженное в самом центре прогиба в виде вздымания осей главных линейных складок, вследствие чего складки разделены на дополнительные структуры, осей которых погружаются в противоположные стороны.

В целом Донецкое складчатое сооружение представляет собой палеозойский синклиналий. В нем преобладают широкие протяженные синклинали. Антиклинали узкие и круглые, часто разорванные надвигами. В северо-западной части всей системы (Лисичанский район) к краевому Северодонецкому надвику прижаты брахиантиклинали.

Среди разрывных нарушений господствуют согласные надвиги, органически связанные со складчатостью. Амплитуды главных надвигов достигают 700-2000 м. Разрывы в виде субмеридиональных сбросов наиболее ярко выражены на Ровенском поднятии.

По характеру и интенсивности проявления тектонеза в Донецком складчатом сооружении выделяются Центральная зона крупных линейных складок, а к северу и югу от нее соответственно Северная и Южная зоны мелкой складчатости.

Центральная зона включает в себя три стержневых структуры, протягивающихся через весь бассейн: Главную антиклиналь, к северу от нее - Главную синклинали и к югу - Южную синклинали. Ровенское поднятие обособило западную часть синклинали от восточной - возникли внутренние структуры: Боково-Хрустальская и Должанско-Садкинская в Главной синклинали и Числяково-Снежнянская и Шахтинско-Несветаевская в Южной.

Северная зона мелкой складчатости. Эта зона охватывает весь пояс складок и надвигов от Колпаковской антиклинали до Северодонецкого надвига. По морфологии структур она неоднородна. На востоке развиты довольно крупные синклинали, причем размеры в этом направлении все увеличиваются, особенно на площади закрытой мезо-кайнозойем. На западе резко выражены брахиантиклинали и система мелких складок, веерообразно расходящихся и погружающихся в Бахмутскую котловину. В узле сочленения подзон сближаются также надвиги, что подчеркивает общность складчатой и разрывной тектоники. Сочленение складок кулисообразное; характерны правые кулисы.

Южная зона мелкой складчатости отделена от Южной синклинали продольно вытянутыми Зуевской и Куйбышевско-Несветаевской антиклиналями. На юге она граничит с зоной блоковых структур, развитой в отложениях нижнего карбона. На западе южные складки упираются в известные диагональные крутые флексуры на замкании Кальмиус-Торецкой котловины, которые выделяются в самостоятельную зону поперечных дислокаций.

Донецкий прогиб - сегмент Доно-Днепровского авлакогена, заложение которого в теле Русской платформы связано с бакальской складчатостью. Формирование прогиба интенсивно продолжалось в рифее и девоне, отложения которых заполняют центральный грабен, ограниченный с севера и юга региональными краевыми разломами. Накопление отложений карбона происходило одновременно с формированием Донецкого прогиба. На это указывает увеличение мощностей всех свит от периферии бассейна к его центральной части (рис. 2). Краевые разломы продолжали развиваться унаследовано конседиментационно. Их амплитуды, значительные в раннем карбоне, в дальнейшем уменьшались до затухания в верхах башкирского яруса, а на севере в московском ярусе.

Конседиментационные складки установлены исключительно в пределах куполов северо-западных окраин Донбасса (Петровский,

Корульский купола). Конседиментационные сбросы выявлены только на платформенных склонах, обрамляющих Донецкий прогиб.

В пределах складчатого Донбасса доминируют постседиментационные структуры. Их развитие многофазное. Наиболее сильно проявилась позднегерцинская складчатость (заальская и пфальцская фазы). С ней в основном связано возникновение Донецкого складчатого сооружения. Интенсивность киммерийских фаз наиболее отчетливо установлена в западной части бассейна в Бахмутской и Кальмиус-Торецкой котловинах. Широко распространены проявления ларамийской фазы и в значительной мере более поздних.

Сотношения разновозрастных тектонических фаз разнообразны. Преобладает прямая и косвенная унаследованность форм позднегерцинских и альпийских дислокаций. Реже мезозойский (альпийский) структурный план дискордантно наложен на позднегерцинский.

Таким образом, почти все современные тектонические формы в складчатом Донбассе являются послеседиментационными. Анализ совокупности данных о составе, мощности и угленосности отложений карбона свидетельствует, вопреки мнению отдельных исследователей, что подавляющее большинство структур, в т.ч. основные линейные складки (Главная антиклиналь, Главная и Южная синклинали) не были заложены конседиментационно. Отсутствуют также признаки конседиментационного зарождения структур Северной и Южной зон мелкой складчатости.

МАГМАТИЗМ

Магматические проявления известны преимущественно в южных районах Донбасса. Они подразделяются на средне-верхнедевонские, позднепермские и мезозойские. Проявления первого этапа соответствуют начальной стадии развития прогиба. Последующим образованиям присущи черты субгеосинклинального типа.

Девонский магматизм наиболее ярко проявился на юго-западной окраине бассейна в зоне его сочленения с Приазовским кристаллическим массивом. Обломки девонских диабазов установлены в составе брекчий соляных диapiroв на северо-западе бассейна в солянокупольных структурах Бахмутской котловины. К магматическим образованиям девона в зоне сочленения относятся два комплекса - волновохский и покрово-киреевский.

Магматические образования второй стадии (радиологические и геологические данные) сформировались в поздней перми - раннем

триасе, что соответствует основным фазам складчатости в Донбассе. Они характеризуются пестротой состава и форм проявлений и широко распространены в пределах южной зоны блоковых структур (Южно-Донбасский, Ново-Троицкий, Покрово-Киреевский районы) и примыкающей к ней зоне мелкой складчатости (Амвросиевский, Шахтинский и др.). По условиям залегания - это гипабиссальные интрузии субвулканических пород (дайки, лакколиты, штоки и силлы), прорывавшие отложения нижнего, среднего и верхнего карбона и подстилающие породы. Межпластовые интрузии часто встречаются в слоистых угленосных толщах, где они нередко образуют многоэтажные залежи в сочетании с крутопадающими штоками и дайками. Такие морфологические типы хорошо изучены в Южно-Донбасском угленосном районе. В более древних породах обычно развиты только штоки и дайки.

Характерной особенностью интрузий этого комплекса является слабо выраженная соподчиненность их складчатым структурам, весьма частая приуроченность к линиям древних тектонических нарушений и многофазность. В их формировании намечается такая последовательность (от более ранних к поздним): пластовые, реже дайковые внедрения шонкинитов, однитов, диабазов, габбро-диабазов, трахидолеритов, андезито-базальтовых порфиритов с одновременным становлением монзонитовых штоков; образование даек, лакколито-подобных и силлоподобных залежей и штоков андезитовых, андезитодацитовых и дацитовых порфиритов, трахиандезитовых и трахидаци-товых порфиритов. Для последней группы характерна их связь с зонами разломов.

К красному этапу относится миусский дайковый комплекс. В него входят многочисленные дайки мончикитов, камптоцитов, авгитовых и пикритовых порфиритов, сгруппированные в единый протяженный дайковый пояс. Расположение даек контролируется поперечной зоной повышенной трещиноватости северо-восточной ориентировки, секущей складки нижнего и среднего карбона. Дайковый пояс протягивается на десятки километров. Мощность жильных тел редко превышает 2-3 м. Некоторые из них выполнены эруптивными брекчиями, содержащими крупные обломки докембрийских пород. По радиологическим данным формирование комплекса происходило на границе триаса и юры и связано с одной из фаз киммерийской складчатости.

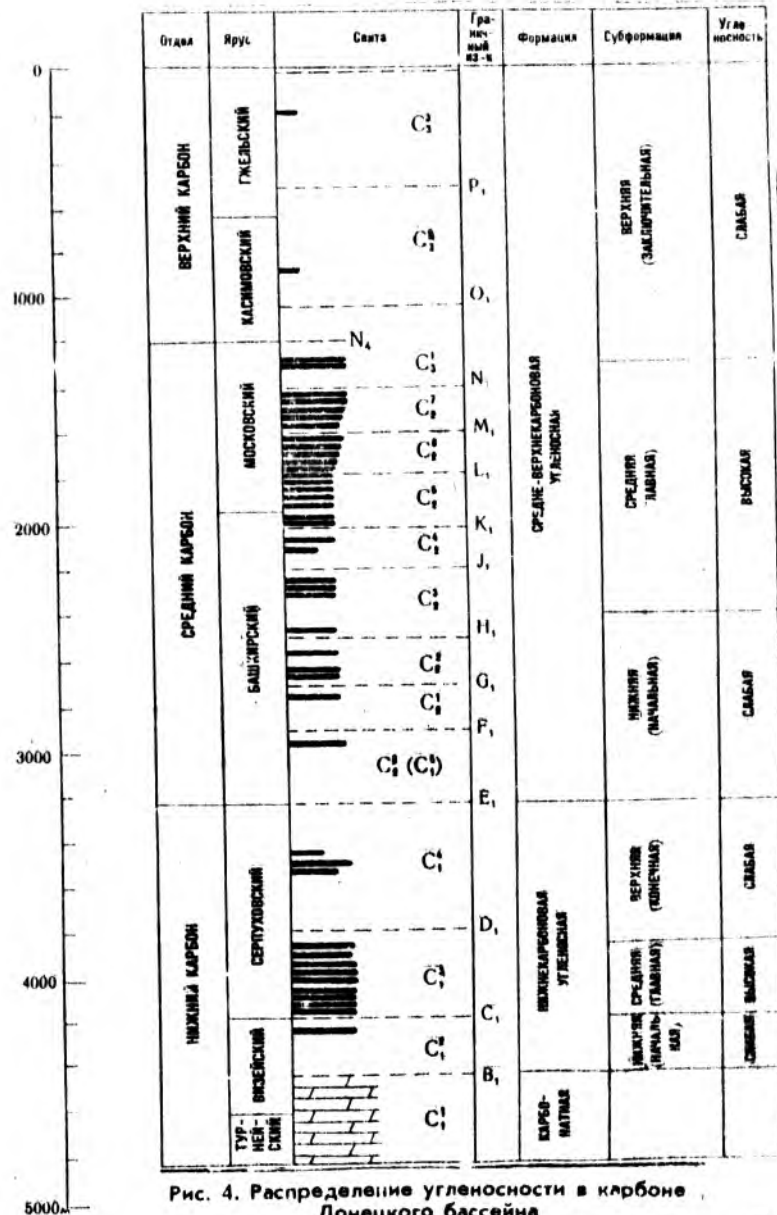


Рис. 4. Распределение угленосности в карбоне Донецкого бассейна

УГЛЕНОСНЫЕ ФОРМАЦИИ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

Угленосные отложения донецкого карбона могут рассматриваться как единая мегаформация. Но отличия между нижнекарбонным угленосным и среднекарбонным столь глубоки, что правомерно говорить о двух формациях, отражающих два самостоятельных крупных цикла угленосления. В каждой формации выделяется три этапа ее образования – начальный, главный и заключительный и соответственно три подформации – нижняя, главная, верхняя. Положение угленосных формаций и подформаций в стратиграфическом разрезе карбона показано на рис. 4.

Нижнекарбонная угленосная формация развита только вдоль юго-западного борта Донецкого прогиба. Здесь начальная (нижняя) подформация охватывает свиту C_1^2 в интервале известняков V_1-V_{10} ; главная подформация включает в себя верхневизейские и нижнесерпуховские отложения (интервал $V_{10}-C_5$), а заключительная (верхняя) – верхнесерпуховский (намуровский) подъярус (от C_5 до V_1).

Главная угленосная подформация нижнекарбонной формации развита в полосе шириной до 80 км, прижатой к юго-западному борту Донецкого прогиба. Полоса с промышленной угленосностью еще уже (15–40 км). По мере погружения южного борта прогиба к северо-востоку угленосные отложения сменяются флишеидной формацией, сложенной однообразными алевритами и аргиллитами без пластов углей и известняков. Верхневизейские и серпуховские отложения угленосны только в Западном и Южном Донбассе.

Средне-верхнекарбонная угленосная формация, в отличие от нижнекарбонной, распространена почти на всей площади прогиба и окаймляющих платформенных склонах.

По генетическим особенностям средне-верхнекарбонная формация может быть подразделена на 3 подформации: нижнебашкирскую (слабоугленосную), верхнебашкирско-московскую, к которой приурочена главная промышленная угленосность, и верхнекарбонную с неиндустриальной угленосностью.

В карбоне Донецкого бассейна заключено около 330 угольных пластов, из которых почти 2/3 имеют мощность 0,30–0,4 м и только 130 пластов достигают мощности более 0,45 м. Обычно мощность разрабатываемых пластов колеблется от 0,6 до 1,8 м, мощность более 2 м встречается очень редко. В настоящее время рентабельными для разработки оказываются пласты мощностью после 0,55–0,70 м при пологом залегании и более 0,50–0,60 м – при крутом. Эти мощности принимаются в качестве кондиций при учете балансовых запасов в недрах. Запасы в пластах мощностью ниже кондиционных пределов, но более 0,45 м, учитываются как забалансовые.

В разрезе донецкого карбона выделяются два максимума угленосности: в верхнем визе – нижнем серпухове (свита C_1^3) и в среднем карбоне (свиты $C_2^3 - C_2^2$). В этих свитах сосредоточено подавляющее большинство угольных пластов промышленного значения. Максимумы угленосности разделены слабоугленосными верхнесерпуховскими (намуровскими) и нижнебашкирскими отложениями (свиты $C_1^4, C_1^5, C_2^1, C_2^2$), в которых имеются лишь единичные пласты промышленного значения в юго-западной части бассейна.

В пластах верхнего визе – нижнего серпухова сосредоточено 11% общедонецких запасов углей, в верхнесерпуховском подъярусе – 0,5%, в нижнебашкирском подъярусе – 1,5%, в верхнебашкирских и московских отложениях – 87%. В отложениях верхнего карбона промышленных пластов практически нет.

Промышленная угленосность нижнего карбона локализована в узкой полосе (15–40 км), вытянутой вдоль ЮЗ борта Донецкого прогиба на 300 км. В северо-восточном направлении, т.е. в направлении погружения к центральной части прогиба, угольные пласты утончаются, расщепляются и выклиниваются вследствие смены лагунной обстановки на открыто морскую. Восточнее Южно-Донбасского района угленосная зона уничтожена посторогенной эрозией; здесь, как и во всей центральной и северной частях прогиба, сохранились лишь неугленосные отложения.

Высокую угленосность нижнекарбонные отложения имеют в Западном Донбассе (Павлоградско-Петропавловский, Новососновский, Петриковский районы) и в Южном Донбассе (Владимировский район). Между этими высокоугленосными районами на площади протяженностью 50 км от ст.Межевой до р.Волчьей на Межевом выступе зона

оптимальной угленосности уничтожена постворонной эрозией. Все наиболее значительные нижнекарбоновые угольные пласты заключены в интервале известняков от B_{10} до C_5 мощностью 200-500 м. Пласты расположены оближенными группами с расстоянием между группами 30-80 м и между пластами в группах 3-20 м. Общее количество пластов в свите до 60, из них достигают мощности более 0,45 м от 12 до 29 пластов. Основные промышленные запасы заключены в восьми пластах мощностью 0,60-1,0 м. Мощность более 1,0 м имеют на отдельных участках 2-3 пласта. Суммарная мощность всех пластов 8-15 м, в г.ч. рабочих пластов 2-3 м. Коэффициент общей угленосности 1,6-4,5%, рабочей 0,5-3,0%.

Отмеченное выше расщепление пластов в направлении их погружения происходит резко, в узкой полосе, при этом расщепленные пакки чаще всего не имеют рабочей мощности. Разрывы пластов - явление локальное. Изменения морфологии пластов и, в частности, их расщепление не связаны с блоковой тектоникой, на них не отражаются даже разрывы, заложенные в нижнем карбоне. Угленосность его открыта в 1949 г. В настоящее время эти угли интенсивно осваиваются промышленностью.

В верхнезерпучовских (намырских) отложениях только пласты λ_3 и λ_4 достигают рабочей мощности на площади отдельных шахтных полей юго-запада Донбасса. Мощность основного пласта λ_4 в Красноармейском-Западном районе 0,8-1,2 м, строение изменчивое, контур рабочей мощности определяется региональным размахом и расщеплением пласта. Накопление пласта происходило в длительно-дальневой обстановке. В Амвросиевском районе имеется линзовидная залежь сиропелита на стадии антрацита (пласт λ_5) мощностью до 15 м. Размеры ее 4,0 x 2,5 км. В силу высокой зольности (30% и более) она в настоящее время не имеет промышленного значения.

Нижнебашкирские отложения также бедны углями. Рабочая угленосность здесь связана с обогащенной речных выносов вдоль юго-западного борта Донецкого прогиба в Красноармейском и Лозовском районах (пласты h_1 , g_1 , g_1^1) и в Донецко-Макеевском районе (пласт g_2). Мощность угольных пластов на отдельных участках достигает 0,7-1,5 м, пласты нередко расщепляются и замещаются углистыми аргиллитами. Разрывы встречаются редко. Основная угленосность Донецкого бассейна заключена в отложениях верхнебашкирского подъяруса и московского яруса и распространена на всей площади бассейна, причем, в противоположность нижнему карбону, наиболее выражена в прогибе и на юго-западном борту. Вдоль прогиба угленос-

ность уменьшается и постепенно совсем затухает в северо-восточном направлении в сторону господствовавших обстановок открытого моря.

Более устойчивое распространение угленосности среднего карбона на огромной площади прогиба, вероятно, связано с приуроченностью угленакопления преимущественно к обширным приморским долинам и широкой дельте, занимавшей в поперечнике весь прогиб и мигрировавшей вдоль него. Однако такая характеристика может быть отнесена только в целом ко всей угленосной толще среднего карбона. В действительности каждый пласт угля и группы пластов распространены весьма неравномерно, в зависимости от палеогеографических условий.

В свите C_2^3 наибольшее количество рабочих пластов известно в Донецко-Макеевском, Чистяково-Снежнянском, Боковском и Должанско-Ровенцком районах. В Красноармейском, Центральном, в северных и восточных районах рабочих пластов угля мало и распространены они на отдельных ограниченных площадях.

Промышленная угленосность свиты C_2^4 проявляется почти исключительно в восточных районах бассейна.

Свита C_2^5 содержит промышленные пласты на всей площади бассейна. В восточных районах более значительны пласты нижней и средней части свиты (k_2 - k_5), в западных - ведущую роль играют пласты средней и верхней части свиты (k_5 - k_8). Особо следует отметить широкое распространение пласта k_2 в Северном Донбассе.

Рабочие пласты свиты C_2^6 (алмазной) составляют основу угленосности западных районов Донбасса и теряют свое ведущее значение на востоке бассейна.

В свите C_2^7 угольные пласты промышленного значения установлены во всех районах, где сохранились эти отложения. Однако площади пластов с рабочей мощностью локальны, а показатели угленосности весьма изменчивы. На западе и в центральной части бассейна основное значение имеют пласты m_1 , m_2 , m_3 , m_4 на юго-востоке выделяются пласты верхней части свиты (m_1^1 , m_2^1).

В свите C_2^8 имеется два рабочих пласта - n и n^1 . Они находятся в нижней части свиты, которая относится к московскому ярусу среднего карбона. В рабочем виде эти пласты известны только на юго-западе Донецкого бассейна, причем пласт n здесь достигает необычно большой мощности (до 3 м).

Анализ общей характеристики угленосности среднего карбона свидетельствует о многократной перестройке палеогеографического

плана и условий угленакпления, при этом устанавливается региональная закономерность, выраженная в постоянном уменьшении количества рабочих пластов и коэффициента угленосности в направлении с юго-запада на северо-восток.

Суммарная мощность промышленных пластов в наиболее продуктивной толще среднего карбона (свиты $C_2^3 - C_2^7$) на западе бассейна составляет 12-14 м, на востоке 3-7 м. Расщепление и выклинивание пластов на восток происходит не синхронно во всем разрезе, а со своими частными особенностями для каждой свиты, группы пластов и отдельных пластов. Из общей закономерности уменьшения промышленной угленосности на восток выпадает свита C_2^4 и нижняя часть свиты C_2^5 .

В северном направлении уменьшение угленосности резко выражено при выходе на Старобельско-Миллеровскую моноклираль, где на большой площади рабочую мощность сохраняют три пласта - m_1, l_1, k_1 и локально h_1 . Сложность и непостоянство плана угленакпления в среднем карбоне особенно ярко проявляются при рассмотрении морфологии и распространения конкретных пластов. Всего в среднем карбоне содержится 90 пластов, достигающих мощности более 0,45 м, из них в 30 пластах ($g_1, g_1^1, h_1, h_1^1, h_1^2, h_1^3, h_1^4, h_1^5, h_1^6, h_1^7, h_1^8, h_1^9, h_1^{10}, h_1^{11}, h_1^{12}, h_1^{13}, k_1, k_1^1, k_1^2, k_1^3, k_1^4, k_1^5, l_1, l_1^1, l_1^2, l_1^3, l_1^4, l_1^5, l_1^6, l_1^7, l_1^8, l_1^9, l_1^{10}, l_1^{11}, l_1^{12}, l_1^{13}, m_1, m_1^1, m_1^2, m_1^3$) заключены более 75% всех запасов угля среднего карбона. Даже наиболее широко распространенные и разрабатываемые пласты сохраняются в рабочем виде далеко не на всей площади бассейна, их строение, мощность, качественная характеристика непостоянны. Площади рабочей мощности пласта пространственно не совпадают, поэтому даже в наиболее угленосных западных районах, тяготеющих к Кальмиус-Торещкой и Бахмутской котловинам, число пластов, пригодных для разработки во всей толще карбона, не превышает 20-30.

КАЧЕСТВО УГЛЕЙ

По вещественно-петрографическому составу угли Донецкого бассейна можно разделить на две группы. К первой относятся клареновые угли среднего и верхнего карбона, которые уже давно используются промышленностью, а также сткритые в последние годы верхне-серпуховские (намюрские) угли. Ко второй группе принадлежат кларено-диреновые угли верхневизейской угленосной толщи. Первая группа сменяет вторую в разрезе довольно резко. Какой-либо зоны

переходных углей не наблюдается.

Угли среднего и верхнего карбона обладают весьма однообразным микрокомпонентным составом. Среди них распространены преимущественно кларены и близкие к ним дирено-кларены. Содержание витринита по среднепластовым пробам 80-95%, лейптинита - 2-10%, фюзинита - 3-15%. Верхнесерпуховские (намюрские) угли имеют аналогичный состав.

Верхневизейские и нижнесерпуховские угли отличаются от среднекарбонных в 2-3 раза более высоким содержанием микрокомпонентов групп лейптинита (в среднем 14%) и фюзинита (22%) и соответственно более низким содержанием витринита (45-80%). Для углей главной нижнекарбонной подформации характерна значительная изменчивость петрографического состава в стратиграфическом разрезе, а также в большинстве пластов по площади.

Угли марки Д окаймляют бассейн с севера, запада и юго-запада. Эти угли интенсивно разрабатываются в Лисичанском районе и Трудовской и Кураховской группами шахт на стыке Красноармейского и Донецко-Макеевского районов. Новыми, еще не освоенными районами развития длиннопламенных углей являются Старобельский, Миллеровский (Северный Донбасс), Новомосковский и Лозьвской (Западный Донбасс).

Газовые угли значительно распространены в западной части бассейна (Красноармейский район и западная часть Донецко-Макеевского района) и в Северной зоне мелкой складчатости (Марьевский, Луганский, Новокраснодонский районы). Большие запасы газовых углей разведаны в нижнем карбоне Западного Донбасса (Павлоград-Петропавловский) и в Южном Донбассе.

Наибольшую ценность представляют угли марок ГЖ, Ж, К, ОС, которые составляют основу коксовой шихты. Эти угли распространены в виде сравнительно узкой полосы шириной 15-20 км, отделяющей область относительно малометаморфизованных углей западной и северной частей бассейна от обширных областей наиболее метаморфизованного ядра центральной и юго-восточной частей бассейна. Главными районами добычи коксующихся углей являются Донецко-Макеевский, Центральный, Алмазний и отчасти Краснодонский. Угли этих марок имеются также на глубоких горизонтах Красноармейского района.

Центральную и юго-восточную части Донецкого бассейна занимают районы развития антрацитов. Между областью антрацитов и полосой коксующихся углей находится зона переходных энергетических

углей марки Т. Угли среднего карбона имеют обычно повышенную пластовую зольность (A^d 12-18%). Малозольными (A^d до 9%) являются лишь угли единичных пластов (h_1, k_1, l_1). Многозольные угли дают пласты очень сложного строения. Угли нижнего карбона преимущественно малозольные (обычно до 7%).

Особенности вещественно-петрографического состава обусловили различие многих свойств упомянутых двух групп углей. Наиболее резко эти различия сказываются на низких стадиях метаморфизма у газовых и длиннопламенных углей, тогда как у более метаморфизованных они постепенно стираются.

Несмотря на однообразие компонентного состава клареновых углей среднего карбона, их свойства при одинаковой степени метаморфизма существенно колеблются в зависимости от особенностей гелифицированного вещества. В связи с этим В.В.Вилавским (1932, 1941) было введено понятие о типах углей по восстановленности. Подробнее этот вопрос рассматривается ниже.

Взаимосвязанные отличия типов углей обусловлены генетическими причинами, различными условиями в период торфонакопления и последующего диагенеза. Интенсивность изменения пород верхнего палеозоя в Донецком бассейне по современным представлениям отвечает стадиям катагенеза и метагенеза. Вторичные изменения органического вещества принято называть его метаморфизмом. Они обусловили последовательное изменение углей в бассейне от бурого углей до антрацитов ("суперантрацитов").

Основные параметры, определяющие направление использования углей, обусловлены различной степенью их метаморфизма. К этим показателям относятся выход летучих веществ, спекаемость и теплота сгорания (приложение I). Соответственно угли разделяются на марки и технологические группы. Классификация углей среднего карбона Донецкого бассейна определяется ГОСТом 8180-75. Закономерности метаморфизма углей рассмотрены в специальном разделе.

В Донецком бассейне имеются угли от бурых до антрацитов. Наименее метаморфизованные угли, переходные от бурых к длиннопламенным, имеются на крайнем западе (Петриковский и отчасти Новомосковский районы) и на севере бассейна. Эти угли еще чисте не разрабатываются.

По содержанию серы угли среднего карбона отличаются крайней неустойчивостью, преобладающие содержания 2,5-3,5%. Малосернистые угли ($S_{\text{д}}^d - 1,5\%$) распространены преимущественно на юго-западе бас-

сейна; в центральной части и на севере бассейна преобладают угли сернистые ($S_{\text{д}}^d - 2,5-3,5\%$) и многосернистые ($S_{\text{д}}^d - 3,5\%$). Нижний карбон характеризуется преимущественно углями с пониженным содержанием серы (менее 2,5%), причем значительную долю составляют малосернистые угли.

Угли Донецкого бассейна отличаются сравнительно низким содержанием фосфора (менее 0,01%). Развитие новых угольных бассейнов и месторождений на огромной территории Советского Союза изменило соотношение добычи в бассейнах: долевое участие Донбасса в общей добыче всей страны снизилось до 30% с 87%, которые он давал в 1918 г. и 51% в 1940 г.

ЗАПАСЫ УГЛЕЙ И ИХ ОСВОЕНИЕ

Тем не менее, Донбасс до настоящего времени сохраняет свое ведущее значение в угольной промышленности СССР. Это объясняется удобным географическим положением бассейна в европейской части СССР, значительными запасами в его недрах ценных марок коксующихся углей и антрацитов, благоприятными демографическими условиями. Поэтому угольная промышленность Донбасса продолжает развиваться и еще долгие годы будет ведущей в стране, несмотря на более низкие экономические показатели по сравнению с другими бассейнами, расположенными в отдаленных районах Советского Союза, особенно в Сибири.

По геологическим, географическим и экономическим условиям площадь Донецкого бассейна подразделяется на 31 угленосный район (см. рис. 3), из которых девять районов новые. Четыре новых района - Петриковский, Новомосковский, Павлоград-Петропавловский и Лозовской - называют "Западным Донбассом", Южно-Донбасский район ("Южный Донбасс"), Старобельский и Миллеровский районы ("Северный Донбасс"), а два новых района - Задонский и Цимлянский ("Восточный Донбасс"). Последнее наименование иногда применяют и ко всем районам восточной части Донбасса, расположенным в пределах Ростовской области РСФСР.

Общие геологические запасы Донецкого бассейна, включая прогнозные, до глубины 1800 м в пластах мощностью 0,45 м и более, составляют 176 млрд т, а в пластах мощностью 0,60 м и более - 109 млрд т. Геологические запасы, отвечающие современным условиям, значительно меньше - 96 млрд т (см. "Уголь Украины", 1971, № 3).

Семьдесят процентов запасов сосредоточены в пластах мощностью 0,6-1,0 м и 30% свыше 1,0 м, преимущественно от 1,0 до 2,0 м. Преобладают запасы газовых углей, достигающие 42% общих запасов бассейна, запасы основных коксующихся углей марок Ж, К, ОС в сумме составляют 19%, антрацитов - 17%, длиннопламенных и переходных к бурым - 12%. Значительная часть газовых углей используется для коксования. Доля этих углей в коксовой шихте из года в год повышалась и в настоящее время достигла 30%.

МЕТАМОРФИЗМ УГЛЕЙ ДОНЕЦКОГО БАСЕЙНА

Одной из центральных проблем угольной геологии является исследование закономерностей метаморфизма углей. От полноты и точности наших познаний в этой области зависит правильность прогнозов распространения марок углей на новых площадях, и, следовательно, оценка перспектив отдельных районов и целенаправленный выбор для разведки участков с запасами углей требуемого качества.

Для объяснения закономерностей метаморфизма углей, установленных эмпирическим путем, в мировой литературе предлагались принципиально различные теории. Еще не имеется единого мнения по самым коренным вопросам физико-химических условий и геологических причин процессов метаморфизма углей. Поэтому освещение этих проблем с привлечением богатейших геологических материалов, накопленных в Донецком бассейне, представляет интерес для познания сущности процессов. По полноте исходных данных, по детальности проведенных исследований метаморфизма углей, которые могут служить фундаментом для новых теоретических обобщений, Донецкий бассейн представляет собой уникальный объект.

Изучение закономерностей изменения качества углей Донбасса началось по инициативе основоположника русской угольной геологии Л.И.Дуругина /77,78/. На первом этапе исследований наиболее значительные работы были выполнены Б.Ф.Меффертом по Центральному и Алмазно-Марьевскому районам /87,88/. Дальнейшее развитие учения о метаморфизме углей Донбасса связано, в первую очередь, с исследованиями Б.О.Погребницкого /93,94,95/, разработавшего основные положения теории регионального метаморфизма углей.

Проблемы метаморфизма углей Донецкого бассейна рассматриваются в ряде работ Ю.А.Жамчужникова /44,45,46,47/, В.С.Шехунова /122/, А.К.Матвеева /80,81,82,83/, Н.Ф.Балуховского /9,10/, Н.К.Фукса /119,120,123/, В.И.Зайцевой /23,24,48,49/, В.В.Видавского /16,23/, В.В.Порфирьева /104/, А.З.Широкова /123,124/, А.Я.Дубинского /35/, М.М.Лифищи /24,71,72,73/, В.З.Бршова /43/, Г.А.Иванова /51,52,53/, В.С.Попова /97,98,99/, Г.Л.Стадника /115,116/, М.Л.Левенштейна и М.М.Лифищи /65/, И.Л.Левенштейна /55-70/, И.И.Аммосова и Тан Сю-и /6/, В.С.Вышемирского /18/, В.Г.Белокозя /11,12/, В.Н. и Ю.Н.Нагорных /90,91/, О.И.Спириной /113,114/, Л.И.Сарбеевой /105,106,107,108/ и в ряде статей других исследователей.

Особо следует выделить фундаментальные работы по составлению геолого-углекимической карты Донбасса. Первые тесратические обобщения этого материала изложены в работах Н.К.Фукса и В.И.Зайцевой, В.В.Видавского и Н.Я.Рябоконева, А.З.Ервского и П.Я.Самойлович и др. (Геолого-химическая карта Донбасса, т.У, 1941)/23/. Работы по составлению геолого-углекимической карты Донбасса были завершены в 1954 г. /24/. В ее создании принимал участие большой коллектив геологов и углекимиков ДонУГИ (П.Я.Самойлович, В.И.Зайцева, Н.М.Двужилная, М.М.Лифищи) и геологоразведочных предприятий (В.З.Бршов, В.С.Попов и др.).

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ

Многолетними исследованиями установлено, что метаморфизм углей в Донецком бассейне изменяется закономерно, отчетливо, подчиняясь трем правилам:

1. Метаморфизм углей увеличивается в стратиграфическом разрезе от вышележащих пластов к нижележащим (правило Хильта).

2. Метаморфизм углей увеличивается с увеличением мощностей отложений (правило Погребницкого).

3. Метаморфизм углей в каждом пласте (при прочих равных условиях) увеличивается по мере погружения пласта в современном структурном плане, т.е. с увеличением глубины его залегания.

Два первых фундаментальных положения в настоящее время стали общепризнанными и положены в основу "Геолого-углекимической карты Донбасса" /24/, удостоившей Государственной премии СССР в 1961 г. Они отражают в конечном счете решающее влияние глуби-

ны доинверсионного погружения на изменения степени метаморфизма углей.

Последнее положение выдвинуто М.Л.Левенштейном в конце 50-х годов /55, 56, 57/. Оно подтверждено в дальнейшем многочисленными фактическими данными в юго-западной части Донецкого бассейна и привело к открытию значительных площадей с наиболее ценными коксующимися углями Ж, К, ОС в районах, в которых по прежним представлениям ожидалось наличие только газовых углей (Красноармейский район - участки Терешковские 3 и 5, Северо-Родинский 2, Красноармейский-Западный I и 2-3 и др.). Несмотря на это, до сих пор рядом исследователей высказываются некоторые сомнения относительно всеобщности и масштабов увеличения метаморфизма пластов с увеличением глубины их залегания. Три глубокие опорные скважины, пробуренные в 1983-1985 гг., полностью подтвердили положение об увеличении метаморфизма углей с увеличением глубины их залегания /130/.

Все три закономерности в угленосной толще проявляются не изолированно, а совместно. Их количественное выражение принято в виде трех градиентов: стратиграфического, регионального, вертикального (глубинного).

Первые два правила отражают связь степени метаморфизма углей с глубиной доинверсионного погружения. Третье правило, увеличение метаморфизма по современной глубине залегания пласта, отражает влияние наложенных постинверсионных процессов.

В региональном плане увеличение степени метаморфизма углей с северо-запада на юго-восток и от периферии бассейна к его центральной части происходит однонаправленно с изменением мощности каменноугольных отложений. Направления линий равных мощностей каменноугольных отложений и линий равного метаморфизма в пластах, как правило, оказываются довольно близкими.

Изменения метаморфизма параллельно изменению мощности отложений имеет характер главной региональной закономерности. Хотя оно происходит очень медленно (в плане) и в пределах небольших участков малозаметно, однако однонаправленное увеличение мощности осадков и метаморфизма в пластах на обширной территории бассейна делает этот фактор решающим в определении уровня метаморфизма углей карбона в каждом отдельном районе. Этим объясняется тот факт, что в окраинных северных, западных и юго-западных районах бассейна, где мощность осадков мала, все пласты во всем доступном диапазоне глубин представлены малометаморфизованными

углями (Д и Г). В области очень больших мощностей отложений в юго-восточной части Донбасса, где суммарная мощность верхнего карбона и нижней перми превышала 6-7 км, все пласты от самых нижних (свита С₂³) до самых верхних (свита С₁¹) относятся к антрацитам. Промежуточной полосе средних мощностей осадков отвечает область развития углей средних стадий метаморфизма (от Г до Т). Таким образом, в бассейне в целом мощность осадков предопределяет тот средний уровень, около которого колеблется метаморфизм пластов в отдельном районе в зависимости от других факторов.

Изменения степени метаморфизма в зависимости от стратиграфического положения пласта и глубины его залегания менее значительных, поскольку в пределах каждой отдельной площади возможность наблюдений ограничивается стратиграфическим интервалом, как правило, не превышающим 2 км, и резкостью современных глубин по наиболее глубокому скважинному до 1,6 км, тогда как глубины погружения пластов до окладчатости, отраженные в мощности осадков, изменяются в крайних районах бассейна от 1,5-2,5 км в области длиннопламенных углей до 8-14 км в зоне антрацитов.

Влияние глубины залегания пластов на метаморфизм углей впервые было отчетливо прослежено в Центральном районе Донбасса. Здесь по всем шахтным полям в зоне углей Д - К - ОС было установлено уменьшение выхода летучих (V^{лет}) на 0,6-1,0% на каждые 100 м увеличения глубины. Аналогичное явление было установлено позднее в Красноармейском, Донецко-Макеевском и в других районах М.Л.Левенштейном /55, 56/, И.И.Аммозовым и Тан Сю-и /6/.

В области углей Д и Г, а также тоших и антрацитов изменения метаморфизма с глубиной в современном структурном плане менее значительны, но вполне заметны. Влияние глубины выражено более четко на древних (герцинских) структурах, а на альпийских - слабо (Волчанская синклираль, мелкие складки северной зоны).

ПОЛЕ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ. ГРАДИЕНТ МЕТАМОРФИЗМА И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩАЯ

Степень метаморфизма органического вещества в угленосной толще, как показано выше, изменяется поэтапно и закономерно в нескольких направлениях. В каждой точке она определяется положением точки в пространстве (координатами). Поэтому правомерно говорить о поле метаморфизма органического вещества.

Поле метаморфизма характеризуется: I. системой поверхно-

тей равных свойств - поверхностями изометаморфизма (изоградами); 2. градиентами метаморфизма - векторными величинами, отражающими изменение метаморфизма углей по нормали к изографам.

Независимо от причины и истории развития метаморфизма для количественной характеристики поля метаморфизма в целом необходимо и достаточно изучение его по трем независимым направлениям.

В соответствии с закономерностями изменения степени метаморфизма углей полный градиент метаморфизма (G) рассматривается как геометрическая сумма трех составляющих: стратиграфической (G_0), продольной (G_l) и вертикальной (G_v).

Стратиграфическая составляющая характеризует изменение метаморфизма пластов в стратиграфическом разрезе на одном гипсометрическом уровне (например, по кваршлагу).

Вертикальная составляющая (G_v) показывает изменение метаморфизма пласта по падению (с глубиной залегания).

Продольная составляющая характеризует изменение метаморфизма пласта по простиранию в связи с изменением мощности отложений. Она равна проекции региональной составляющей метаморфизма ($G_{рм}$), направленной вкост изопакитам на направление простирания пласта: $G_l = G_{рм} \cdot \sin \varphi$, где φ - угол между изопакитами отложения и простиранием пласта. Модуль полного градиента метаморфизма определяется по формуле:

$$G = \sqrt{G_0^2 + G_v^2 + 2G_0 \cdot G_v \cdot \cos \alpha} + G_l^2$$

где α - угол падения пластов.

Значения стратиграфической составляющей градиента метаморфизма во всех районах Донецкого бассейна близки между собой. Для углей марок Ж, К, ОС она равна около $1,1\% \sqrt{m}$ на 100 м, а по отражательной способности $0,08-0,11\% R_{\text{отр}}$, или $0,04-0,09\% R_g$ на 100 м стратиграфического интервала. Региональная составляющая метаморфизма во много раз меньше стратиграфической - даже для наиболее чувствительных углей средних стадий метаморфизма она не превышает $0,10-0,15 \sqrt{m}$ на 100 м расстояния вкост изопакит угленосной толщи. Вертикальная составляющая градиента в области углей Ж, К и ОС на позднегерцинских структурах колеблется обычно в пределах $0,6-1,0\% \sqrt{m}$ на 100 м глубины залегания. На альпийских структурах она чрезвычайно мала (порядка $0,1\% \sqrt{m}$ на 100 м). На одной карте невозможно отразить пространственные изменения метаморфизма. С этой целью зоны метаморфизма обычно изображаются на нескольких картах - на картах погоризонт-

ных срезов и на структурных (гипсометрических) картах отдельных угольных пластов.

При изучении распределения зон (групп) метаморфизма по геологической карте и еще точнее на одном гипсометрическом срезе, устраняется влияние глубины залегания и выявляется связь между метаморфизмом углей, мощностью осадков и стратиграфическим положением пластов.

Расположение зон метаморфизма на гипсометрическом плане одного пласта (лист 5 комплекта карт) отражает зависимость степени метаморфизма от мощности осадков и современной глубины залегания пласта. В этом случае исключается влияние стратиграфического фактора. Соотношения степени метаморфизма в синклиналиях и антиклиналиях на геологической карте и на структурной карте отдельного пласта обратные. На карте пласта антиклинали выделяются как зоны относительного минимума метаморфизма, а на геологической карте - как относительные максимумы метаморфизма, так как в ядрах антиклиналей выходят нижележащие пласты.

ТИПЫ МЕТАМОРФИЗМА, ФАКТОРЫ И КИНЕТИКА ПРОЦЕССОВ

Изменения метаморфизма углей Донецкого бассейна в основном подчинены региональным закономерностям. Локальные аномалии степени метаморфизма углей отмечены только на южной окраине Донецкого бассейна. Они связаны с внедрением малых интрузий. Наиболее крупные аномалии расположены западнее с.Вленовка. Здесь, в зоне регионального распространения углей марок Г, Ж и К, выделяется площадь около 50 км^2 с тощими углями и антрацитами. Имеющиеся в юге Донбасса одиночные дайки обуславливают изменения углей лишь вблизи непосредственного контакта.

Если исключить эти нетипичные для Донецкого бассейна явления термального метаморфизма углей, связанные с внедрением магматических тел, все процессы регионального метаморфизма углей являются относительно низкотемпературными. Исходя из предельной глубины погружения пластов и анализа палеотермического режима, а также учитывая характер вторичных изменений вмещающих пород, температуры метаморфических превращений углей не превышали: для Б-Д - $40...60^\circ$, Г-Ж - $100...120^\circ$, ОС-Т - $150...180^\circ$, Т-ПА - $170...200^\circ$. Наиболее метаморфизованные антрациты Донбасса не испытали воздействия температур выше $300-350^\circ\text{C}$.

Температура - главный фактор превращения органического вещества в ходе ката- и метатермизма. Сопоставление взглядов различных исследователей на температурный режим регионального метаморфизма углей приведен в таблице I. Неомонна тесная связь между градиентами метаморфизма и палеотермическими градиентами. Ряд геологических фактов позволяет сделать вывод о том, что палеотермический градиент как в районах олигометаморфизованных углей, так и в районах антрацитов не превышал 3,0°C на 100 м, т.е. мало отличался от современного. Например, породы, вмещающие наиболее метаморфизованные антрациты, были погружены на глубину до 14 км, но среди них нет метаморфических пород, даже наиболее низкотемпературной фации - зеленых сланцев. Следовательно, они не подвергались воздействию температур более 350°, и геотермический градиент был равен около 2,5°C на 100 м.

Давление - оказывает заметное влияние только на ранних ступенях метаморфизма (марки Б и Д). В дальнейших процессах метаморфизма повышение давления не способствует ходу реакции и его влиянием можно пренебречь. Проявлений динамометаморфизма в Донбассе не установлено.

Время. Согласно современным представлениям о кинетике реакций метаморфизма процессом эти происходят весьма медленно. Они протекают в течение всего времени существования пласта. Скорость реакций зависит, главным образом, от температуры - увеличение температуры на 10° ускоряет реакцию примерно в 1,5-2 раза. Длительность воздействия повышенных температур имеет существенное значение. Процессы метаморфизации угля по своей природе являются весьма медленными, необратимыми, непрерывными процессами поликонденсации и отщепления газов и воды, скорость которых определяется по законам химической кинетики (правило Вант-Гоффа, закон Аррениуса). Стадии метаморфизма образуют непрерывный ряд, отражающий количественный, постепенный ход реакции, которая по сути на всех промежуточных ступенях остается незавершенной вплоть до высших стадий метаморфизма. Ход процесса ускоряется при повышении температуры и замедляется при ее понижении, однако реакция идет непрерывно, практически прекращаясь только при понижении температуры примерно до 20-30°C.

Представление о возможности весьма медленного течения реакции метаморфизма органического вещества при сравнительно низ-

Таблица I

СОПОСТАВЛЕНИЕ ВЗГЛЯДОВ РАЗЛИЧНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ РЕГИОНАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ

МАРКА	Минимальные температуры									
	300	280	160	100	400	450	350	200	450	300
В	300	280	160	100	400	450	350	200	450	300
Д										
Г										
Ж										
И										
ОС										
Т										
ПА										
А										

ких температурах впервые аргументированно было высказано В. А. Соколовым /109/, который развил термокаталитическую теорию образования углеводородных флюидов из ископаемого органического вещества /110/. Применительно к метаморфизму углей с позиций физической химии наиболее полно аналогичные представления обосновали Гук и Карвайль /126/. Ряд интересных соображений о длительности процессов метаморфизма углей приводят М. Ю. Григорьев /28/, Р. А. Мюллер и В. С. Попов /89/, И. И. Аммосов /4/, М. В. Голицын /25, 26, 27/, Н. В. Догатин /74, 75, 76/.

Наблюдаемое ныне поле метаморфизма углей отражает результаты последовательного воздействия на уголь палеогеотермического поля на всех стадиях развития структур. Современный полный градиент метаморфизма может рассматриваться как геотермическая сумма составляющих, характеризующих исторические этапы метаморфизма. В простейшем случае выделяется два этапа метаморфизма — доинверсионный и постинверсионный.

Доинверсионный метаморфизм угольного пласта определяется глубиной его погружения до инверсии, т. е. конседиментационной тектоникой и палеогеотермическим градиентом. Доинверсионный градиент метаморфизма равен сумме стратиграфической (G_0) и региональной ($G_{рм}$) составляющих. В пределах малых площадей более отчетливо проявляется стратиграфическая составляющая. Региональная вводит поправку, учитывающую доинверсионный наклон пластов. Она оказывает большее влияние на уровень метаморфизма на обширных территориях.

В Донецком бассейне пласты до инверсии имели наклон 2-5° на восток и от периферии к оси прогиба, что и отражено в региональном изменении мощности угленосной толщи. В силу этого ширина одноименных зон метаморфизма в плоскости пласта уменьшается от вышележащих пластов к нижележащим. Так, например, в Донецко-Макеевском и Алмазно-Марьевском районах ширина зоны К-К-ОС в $I_1, 5-I_1, 7$ раза меньше в пластах свиты C_2^2 , чем в пластах свиты C_2^1 .

Постинверсионная составляющая метаморфизма ($G_{пн}$) характеризует наложенное влияние геотермического поля на смятую в складки и дислоцированную угленосную толщу. В простейшем случае, когда по линии падения нет региональных изменений метаморфизма в пласте, постинверсионная составляющая ($G_{пн}$) соответствует полностью значению вертикальной составляющей метаморфизма (G_v). Если же по линии падения происходит из-

менение метаморфизма в связи с изменением мощности отложений, то связь $G_{пн}$ и G_v определяется по следующей формуле:

$$G_v = G_{пн} \pm G'_{рм} \cos \alpha, \text{ где:}$$

$G'_{рм}$ — проекция региональной составляющей ($G_{рм}$) на линию падения ($G'_{рм} = G_{рм} \cos \varphi$);

φ — угол между линией падения пласта и $G_{рм}$,

α — угол падения пласта.

Знак при $G'_{рм}$ положительный, если совпадают направления увеличения мощности отложений и падения пород, в случае несоответствия — отрицательный.

Если по падению пласта происходит региональное уменьшение степени метаморфизма, то наблюдаемое изменение метаморфизма с глубиной (G_v) может оказаться отрицательным. Это имеет место в случаях, когда региональное уменьшение метаморфизма превалирует над фактором глубины. Такие соотношения возможны, когда угол падения (α) меньше критического значения (α_c), определяемого по формуле:

$$\alpha_c = \arcsin \frac{G'_{рм}}{G_{пн}}$$

В условиях Донбасса α_c , как правило, меньше 15°.

Роль доинверсионного и послейинверсионного метаморфизма в формировании свойств углей меняется в широких пределах. На малых глубинах степень метаморфизма углей практически полностью определяется доинверсионными процессами. Чем больше глубина залегания, тем значительнее влияние послейинверсионных процессов.

При малых глубинах залегания пластов (до 350-500 м) влиянием постинверсионного метаморфизма можно пренебречь. Поэтому распространенное представление о полном завершении процессов метаморфизма до складкообразования не противоречило фактам до тех пор, пока не были получены данные по глубоким горизонтам.

В области развития пермских отложений на северо-западе Донбасса пласты карбона с конца палеозоя всегда оставались глубоко погруженными (3-5 км). Поэтому вскрытые на Шебелинской структуре пласты свиты C_2^2 (глубина 3,5 км) относятся к углям переходным от К к К ($R_{max} = 2,5\%$), тогда как в Лисичанском районе на малых глубинах при такой же мощности карбона эти пласты относятся к длиннопламенным ($R_{max} = 7,0\%$).

Влияние продолжительности процесса на степень метаморфизма угля наглядно проявляется при сопоставлении разновозрастных уг-

лей, претерпевших воздействие одинаковых температур. Например, среднекарбонный пласт m , в Шебелинке на глубинах 3000–3500 м находился под воздействием температур порядка 100–120°C в течение 270 млн лет и достиг градации ЭГ-4К (R_{max} 8,5%), а нижне-меловые угольные включения в Озек Суате, Предкавказье, погрузившаяся на такую же глубину в неогене, остались на стадии Бз (R_{max} 6,6–6,9%). В этом случае нагрев до температуры около 140°C не смог компенсировать кратковременность процесса (5–15 млн лет).

Погружения и поднятия определяли изменения глубины залегания пласта, температурных условий, а, следовательно, и интенсивности процессов метаморфизма во времени. В истории процессов метаморфизма углей находят отражение вся история вертикальных движений как на докладчатом этапе формирования прогиба, так и при последующих дислокациях.

Предложенные новые представления о весьма длительном, непрерывном ходе процессов метаморфизма, которые, начавшись вслед за погружением пласта, происходили неравномерно в течение всей последующей геологической истории, были названы М.И. Левенштейном теорией перманентного рационального метаморфизма или теорией непрерывности метаморфизма под воздействием теплового поля Земли /55, 56, 57, 59/.

Процессы метаморфизма угля сопровождаются отщеплением жидких и газообразных продуктов, среди которых важнейшее значение имеет метан. Из теории перманентности метаморфизма вытекают представления о перманентности метаморфогенного метанообразования в угленосных толщах. Современное распределение газов в угленосной толще следует рассматривать как динамическое равновесие: метаморфогенное газообразование постоянно восполняет систематическую убыль метана, происходящую в результате природной дегазации. Сущность этого явления находит отражение в разнообразных связях метаморфизма и газоносности углей, которые особенно четко проявляются на глубоких горизонтах угольных месторождений. Метаморфогенное газообразование при наличии соответствующих ловушек и покрышек приводит к образованию месторождений природного газа.

МЕТОДИКА РАБОТ

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ КАРТ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ НА ПОГОРИЗОНТНЫХ СРЕЗАХ

Геологическая карта масштаба 1:500 000 построена по данным листов государственной съемки масштаба 1:200 000 с учетом новых материалов. Построения геологической основы на трех погоризонтных срезах –400 м, –1000 м и –1600 м для Донецкого бассейна в м-ба 1:500 000 имели свои методические особенности, связанные с различным характером и полнотой исходных данных (рис.5).

Несмотря на то, что Донецкий бассейн относится к категории наиболее изученных и освоенных промышленностью регионов, он характеризуется различной детальностью разведанности. С этих позиций выделяются три типа площадей:

1. Хорошо разведанные площади, имеющие детальные карты и планы основных угольных пластов м-ба 1:25 000, на которых в стратозонгипсах отражены структуры. К ним относятся почти все углепромышленные районы.

2. Площади с незначительной угленосностью или отсутствием ее на доступных глубинах. Обычно здесь выполнена геологическая съемка м-ба 1:50 000 и фрагментарно опискованы и разведаны локальные структуры. К этой категории площадей относятся северо-западные окраины Донбасса (Барвенково-Петровский, Мечениловский, Дружковско-Очеретинский, Изюмский районы и др.), зона сочленения Донбасса с Азовским выступом (Кальмиусский, Амвросиевский и Матвеево-Курганский геологический районы), Северный Донбасс.

3. Площади, геологическая и геофизическая изученность которых соответствует м-бу 1:200 000, где лишь купола и выступы исследованы глубоким бурением на нефть и газ. К этой категории площадей относятся юго-восточные окраины Днепровско-Донецкой впадины, а также восточные окраины Донецкого бассейна.

Методы построения карт погоризонтных срезов зависят от степени изученности исследуемой территории. При построениях на площадях I-й категории имеющиеся порайонные структурные планы основных угольных пластов м-ба 1:25 000 позволяют наиболее точно и просто картировать выходы угольных пластов и различные дислока-

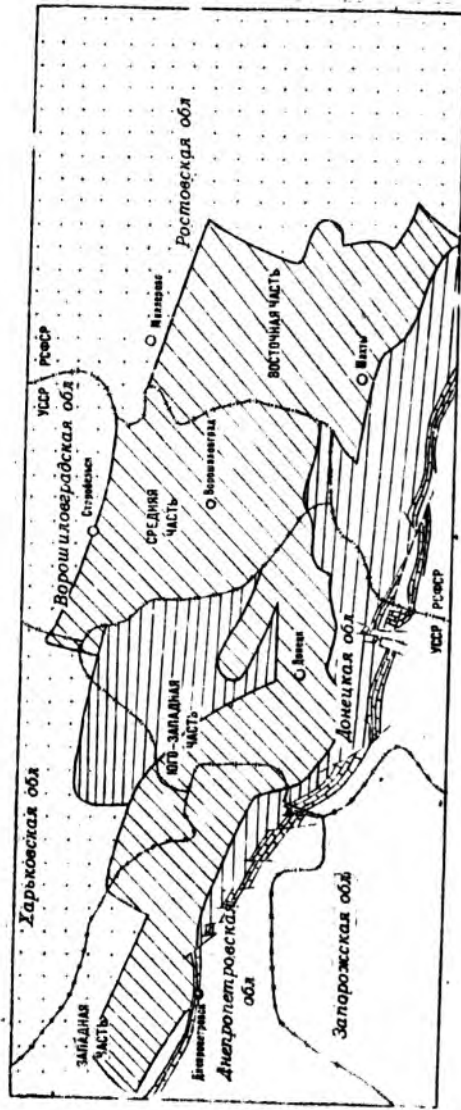


Рис. 5. Схема изученности Донецкого бассейна

- 1 — крупные разведанные площади, имеющие детальные планы основных угольных месторождений м-ба 1:25 000; 2 — площади фрагментарной оплоскнутости, в связи с низкой угленасыщенностью выполнены только геологические планы м-ба 1:50 000; 3 — площади, геологические и геофизические изученность которых соответствует м-бу 1:200 000 с фрагментарной оплоскнутостью неструктурных структур; 4 — административные границы; а — разрывы; б — области; 5 — подстилающие угленасыщенную толщу отложения мелкого мрамора

ции на том или ином срезе путем использования соответствующих стратомизогипс всех пластов, отстроенных на этих картах по всей совокупности геологических данных. Эти построения повсеместно дополняются и контролируются геологическими разрезами. На участках, по которым выполнялись геологоразведочные работы после составления гипсометрических планов м-ба 1:25 000, проводились построения с учетом новых данных.

На площадях II категории изученности оставление карт погоризонтных срезов велось на основе имеющихся геологических карт и разрезов путем экстраполяции данных о геологическом строении поверхности на соответствующую глубину с использованием карт изопахит и установленных закономерностей в отношении различных структурных этажей. В случае необходимости при расшифровке некоторых сложных по геологическому строению узлов дополнительно строились рабочие разрезы. Кроме того, в процессе геометризации (прослеживания) опорных горизонтов использовались структурные планы отдельных горизонтов имеющихся в геолого-съемочных и оводных тематических работах.

На площадях III категории изученности использование разрезов оказывалось возможным в ограниченных случаях, на локальных площадях. Поэтому построение срезов здесь велось на основе различных материалов по геофизике, карт изопахит, структурных карт. Учитывались установленные при региональных исследованиях закономерности строения тех или иных районов и участков. В полной мере были использованы имеющиеся разрезы отдельных скважин.

В итоге геологические основы погоризонтных срезов -400 м и -1000 м в углепромышленных районах достаточно обоснованы фактическими данными, а горизонт -1600 м можно оценить как сугубо прогнозный. На площадях II категории только горизонт -400 м является фактически достоверным, а -1000 м и -1600 м — прогнозными. На площадях III категории все построения являются прогнозными за исключением отдельных локальных участков.

Рабочие построения на площадях I-й категории велось в м-бе 1:25 000, II-й категории - в м-бе 1:50 000, а III-й категории - в м-бе 1:200 000. Построения по площадям II и III категорий по детальности отвечают требованиям по оставлению геологических основ погоризонтных срезов оводных карт метаморфизма не крупнее м-ба 1:500 000.

МЕТОДИКА ГЕОЛОГО – УГЛЕХИМИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ

Инструктивных требований к картам метаморфизма углей как таковых не существует. Тем не менее, начиная с 1954 г. (Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна) /24/, на всех картах метаморфизма углей принято изображать пространственное распределение групп метаморфизма с точностью, допускаемой погрешностью используемых параметров качества угля, объемом фактической информации и масштабом карт. При этом на малозученных площадях необходимо произвести прогнозные построения с детальностью, которая достаточна для постановки поисковых работ на уголь нужной марки. Точность прогноза повышается по мере накопления и обобщения фактической информации, совершенствования уровня теории метаморфизма углей и связанной с ней промышленно-генетической классификации. Требования к прогнозным построениям в настоящее время повышаются в связи с освоением глубоких горизонтов бассейна. В связи с высокой корреляционной связью многих параметров горно-геологических условий разработки углей, карты метаморфизма углей все шире становятся основой для приближенного прогноза последних.

В настоящее время существует два способа построения карт метаморфизма углей. Первый – построение на основе какого-либо единого показателя: изолиний выхода летучих веществ – изоволей, изолиний содержания углерода – изокарб или изолиний показателя отражения витринита – изореспленд; второй – использование комплекса показателей для выделения и картирования групп (градаций) метаморфизма. Первый способ можно применять только в районах однородного компонентного состава углей, близких по типам восстановленности для построения карт марочного состава отдельных угольных пластов. В последние годы часто строят карты в изоресплендах, что в принципе обеспечивает сопоставляемость бассейнов. Для углей Донецк-го бассейна такой способ малоприменим ввиду резко выраженной разнотипности углей, влияние которой искажает значительные параметры, используемые для характеристики метаморфизма.

В Донецком бассейне с самого начала систематических работ по детальному изучению качества углей с 30-х годов при построении карт использовался комплекс показателей для выделения и прослеживания групп метаморфизма углей. Эти исследования завер-

шились составлением Геолого-углехимической карты Донецкого бассейна /24/, частично опубликованной в виде атласа карт и разрезов в 1954 г. Тот же принцип использования комплекса показателей применен М.Л.Левенштейном в дальнейшем при составлении сводной карты метаморфизма углей (по поверхности карбона) и структурных планов по пластам C_6 и K_5 Украинской части Донбасса м-ба I:500 000 /58, 59/, а также В.А.Соколовым и К.Б.Носовой при составлении сводной карты по Восточному Донбассу м-ба I:200 000 /134/. В 70-х годах на тех же принципах были составлены карты метаморфизма и марочного состава углей по всем основным угольным пластам геолого-промышленных районов м-ба I:25 000. Эти карты явились исходными для наших построений.

Карты, составленные в разное время, хотя и сохраняли преемственность в исходных принципах построения, все же с каждым периодом обогащались новыми теоретическими и эмпирическими данными. Работа усложнялась систематическими изменениями государственных стандартов, внедрением новых обязательных методик определения отдельных показателей, особенно отражения витринита (R) и новыми классификациями углей Донбасса.

ИСХОДНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭМПИРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ГЕОЛОГО – УГЛЕХИМИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЯХ

ОБ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЯХ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ

Детальные исследования метаморфизма углей возможны только при условии его количественного выражения в определенном масштабе измерения в строго определенных единицах. Степень метаморфизма угля – понятие обобщающее, синтезирующее представление о степени его изменения. Она не может быть определена прямым методом.

Для характеристики степени метаморфизма используются химические (элементарный анализ по C^0 , H^0 или их соотношению) физические (оптические свойства – показатель отражения витринита и показатели поглощения и преломления света, плотность органической массы – d^0 (бывшее K_d), удельное электросопротивление – ρ_{gr} , максимальная влагоемкость – W_{max} , микротвердость – H) или технологические (теплота сгорания сухой беззольной массы угля – Q_{dt}^{dry} , выход летучих веществ – V^{dt} , толщина пластического слоя – γ) свойства. Однако все они зависят не только от сте-

пени метаморфизма, но также в определенной мере и от особенностей исходного растительного материала и условий его захоронения. Поэтому изменение степени метаморфизма должно определяться по изменению свойств отдельных компонентов (лучше всего витринита) или углей одинакового вещественно-петрографического состава. При необходимости сопоставления разных углей обязательно учитывается влияние на используемые параметры петрографических особенностей углей (микрoкомпонентного состава, типа по восстановленности и др.).

Исследованием возможности использования отдельных свойств углей в качестве показателя метаморфизма, особенностей и рациональной области применения каждого из них занимались многие углехимики и геологи, например: В.В.Видавский /16/, Ю.А.Жемчужников /44-47/, З.В.Врольская /36-39/, А.И.Сарбеева /105-108/, И.И.Аммосов /3-7/, М.М.Лифшиц /71-73/, Н.М.Двужильная /29-31/, Гаврилова /20, 21, 85/, В.Ф.Добронравов /33, 34/, М.Д.Левенштейн /62-68/, И.В.Бремис /39-42/, В.Я.Посыльный /60, 61/ и другие. Единого мнения о рациональных границах применения отдельных показателей до сих пор не имеется.

В практике геолого-углехимических исследований в Донбассе более 40 лет используется комплекс показателей для однозначного определения степени метаморфизма с помощью промышленно-генетической классификационной диаграммы клареновых углей.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ДИАГРАММА ДОНЕЦКИХ УГЛЕЙ

В 1932 г. углехимиком Видавским В.В. /23/ были заложены принципы составления ныне широко известной промышленно-генетической классификации клареновых углей путем введения понятия "восстановленность" как дополнительного локального фактора, сложившего действие регионального фактора метаморфизма на технологические свойства углей. Это позволило автору классифицировать клареновые угли в форме диаграммы, координатами которой были приняты "степень восстановленности" и "степень метаморфизма" углей, т.е. факторы, определявшие характер изменений основных параметров качества клареновых углей Донбасса.

Результаты совершенствования методики и принципов построения генетической классификационной диаграммы клареновых углей и антрацитов Донбасса и их использование при геолого-углехимичес-

ких построениях нашли отражение на Геолого-углехимической карте Донецкого бассейна /23, 24/. Они сводятся к следующему.

Сближенные пласты в процессе метаморфизма, очевидно, подвергались воздействию почти одинаковых температур и давлений в течение практически одного и того же времени. Поэтому априорно принимается, что такие пласты одинаково изменены, т.е. имеют одинаковую степень метаморфизма. Сравнивая такие изометаморфные пары пластов, нередко обнаруживаем значительные различия углей по выходу летучих веществ, спекаемости, показателю отражения витринита, содержанию углерода и ряду других показателей. Такие случаи, часто наблюдаемые среди клареновых углей Донбасса, не сопровождаются сколь-нибудь заметным изменением микрокомпонентного состава. Анализ этого явления привел В.В.Видавского /12, 24/ к представлениям о наличии различных генетических типов углей, обусловленных степенью восстановленности исходного растительного материала.

При равной степени метаморфизма угли маловосстановленные (типа "а") отличаются от углей восстановленных (типа "в") более низким выходом летучих (V^{st}), большим показателем отражения витринита, большей влажностью и меньшим содержанием углерода, меньшей спекаемостью. Если бы мы сравнивали такие разнотипные, но заведомо изометаморфные угли только по отдельным показателям, то по значениям выхода летучих веществ и показателю отражения витринита нам показались бы более метаморфизованными угли типа "а", а по влажности, элементному составу, спекаемости и теплоте сгорания - угли типа "в". Угли с промежуточными значениями показателей выделены в тип "б".

Таким образом, при нескольких разных значениях физических и химических показателей двух углей они могут оказаться на одной ступеньке метаморфизма и, наоборот, даже точное совпадение свойств двух углей по отдельному, частному показателю, недостаточно для утверждения об их равном метаморфизме.

Точное определение степени метаморфизма требует комплексного учета целой группы показателей на генетической основе. Удачное частное решение проблемы для клареновых углей Донецкого бассейна было найдено в классификационной диаграмме ДонУТИ - трест "Артемгеология" (В.В.Видавский /12/, М.М.Лифшиц /72, 73/, М.Д.Левенштейн /62, 67/ и др.). Рис.6.

В диаграмме ДонУТИ М.М.Лифшиц в качестве основного показателя метаморфизма в каменных углях был принят выход летучих ве-

ществ (V^{det} , %), а в антрацитах - плотность органической массы (d_4^{20} , г/см³). Показателями восстановленности соответственно служили толщина пластического слоя (y , мм) и механическая прочность по копру (Пк, г/см²), а в зоне перехода спекающихся углей в антрациты - выход смолы по ДонУТИ (Т, %). Примечательно, что тогда в области малоспекающихся углей за показатель восстановленности принималось также содержание углерода. На диаграмме группам метаморфизма присвоены цифровые обозначения. При этом группам в первом приближении соответствуют определенные марки углей, 1-й группе метаморфизма отвечает марка Д, 2-й и 3-й группам - марка газовых углей (Г), 4-й - марка жирных углей (Ж), 5-й - марка коксовых углей (К), 6-й - паравично-спекающихся (ПС), 7-й и 8-й - тощих (Т), 9 - полуантрацитов; 10, 11-й и т.д. до 15-й - антрацитов.

О принципах разделения на группы метаморфизма в объяснительной записке к Геолого-углехимической карте.../72/ говорится следующее: "Границы групп проведены с учетом свойств углей таким образом, что каждая группа объединяет угли, которым характерны некоторые технологические особенности в ряде метаморфизма. Ряд антрацитов разделен на группы метаморфизма на основе не столько технологических соображений, сколько геологических: группы метаморфизма имеют примерно равные по ширине пояса распространения в бассейне".

В 1963 г. в I-м томе "Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР" приведена более усовершенствованная диаграмма углей среднего карбона, составленная М.М.Лифшиц /73/. На этой диаграмме изображены не только границы групп метаморфизма и генетические типы углей, но и границы полей распространения марок и технологических групп согласно действующего тогда ГОСТа 8180-59. Границы марок, определяемые по параметрам ГОСТа, не вполне укладываются в границы групп метаморфизма. Например, поле распространения углей марки Ж охватывает не только 4Ж, но и частично заходит в 3-ю и 5-ю группы метаморфизма.

Кроме этого, на этой диаграмме реализована привязка к диаграмме ряда показателей метаморфизма антрацитов: объемного выхода летучих веществ (V^{det}) и логарифма удельного электросопротивления ($\lg R$). С другой стороны, на диаграмме исчезает такой параметр, как содержание углерода.

В 1972 г. опубликован новый вариант классификационной диаграммы, который был составлен в 1965 г. геологами треста "Артем-

геология" М.Л.Левенштейном при участии П.Г.Гершаник, В.В.Комогорова, Н.Ф.Оленева /62/. Фактической углехимической основой диаграммы послужили результаты новых геологоразведочных работ и специальных исследований в области углей от Б до Ж включительно.

В диаграмму были внесены существенные изменения. В области слабометаморфизованных углей Д и Г изолинии выхода летучих веществ (V^{det} , %) приняли диагональное положение, т.е. из показателя степени метаморфизма V^{det} становится преимущественно показателем восстановленности в области Д-Ж. На диаграмме четко видно, что угли, например, с $V^{det} = 38-40\%$ без учета других параметров качества могут характеризовать весьма широкий спектр как по степени метаморфизма, так и по марочному составу углей - от бурых, совершенно несспекающихся до жирных прекрасно спекающихся с $y = 25...35$ мм. В области слабометаморфизованных углей для классификации вновь используется содержание углерода. Причем в отличие от прежних представлений содержание углерода наряду с другими параметрами (R , y) особенно эффективно помогает разделять группы метаморфизма в области углей слабометаморфизованных от 1Д до 4Ж.

На диаграмме нашел свое место выделенный на основе изучения позднесерпуховских углей новый тип "оа" - тип особо мало-восстановленных углей, распространенный в Красноармейском и Донецко-Макеевском районах. И, наконец, к числовым обозначениям групп метаморфизма прибавлены буквенные обозначения, отвечающие начальным буквам названий соответствующих марок, преобладающих в данной группе.

Широкое внедрение в практику геологоразведочных работ на уголь в 70-х годах в качестве сквозного классификационного показателя метаморфизма - показателя отражения витринита привело к необходимости нанесения на диаграмму системы изореопленд. Это позволяет быстро переходить от ряда углехимических показателей к R и в полной мере использовать имеющуюся разнокалиберную углехимическую и углепетрографическую информацию при построении карт метаморфизма углей Донбасса. Часто меняющиеся требования к пределам углехимических параметров определенных марок и технологических групп углей, вызванные сменой ГОСТов, находят свое быстрое отображение на диаграмме, ибо сущность природной взаимосвязи углехимических параметров остается стабильной. Кроме того, диаграмма оказалась удобной для перевода фактических показателей

отражения витринита к приведенному среднему типу углей по восстановленности (R_0), что необходимо для выполнения точных геолого-углехимических построений.

В современном виде модернизированная диаграмма прилагается к комплекту карт. При этом наряду с группировкой по метаморфизму и генетическому типу (степени восстановленности) показаны подразделения углей на марки, группы и подгруппы по новому ГОСТ 25543-88 с учетом всех основных классификационных параметров.

В таблицах 2 и 3 даны пределы изменений R_0 и V^{det} по группам метаморфизма и типам каменных углей.

Модернизированная классификационная диаграмма широко используется в настоящее время с целью простого и быстрого определения марочного состава в увязке со степенью восстановленности и степенью метаморфизма клареновых углей Донбасса в ряду от бурых углей до тоших. Последнее особенно важно при геолого-углехимических построениях с целью прогнозирования качества углей на глубоких горизонтах и неразведанных площадях.

Возможность построения классификационной генетической диаграммы углей Старого Донбасса была основана на однообразии их микрокомпонентного состава. Поэтому использование диаграммы лишь ограничено распространялось на дуроно-клареновые угли нижнего карбона по причине довольно резкого отличия их петрографически особенностей от углей среднего карбона. Угли нижнего карбона Западного и Южного Донбасса характеризуются повышенным содержанием лейптинита (11-20%, против 3-9% в среднекарбонных углях) и фюзинита (19-25% против 5-18%) и пониженным содержанием витринита. Различие в петрографическом составе влияет на значения традиционных показателей метаморфизма и марочного состава особенно в области слабометаморфизованных спекающихся углей.

Использование традиционной пары параметров диаграммы (V^{det} и \bar{y}) как показателей степени метаморфизма в зонах 2Г, 3Г и частично 4К в углях нижнего карбона не допускается из-за искажений, получающихся в результате влияния на их величины различного содержания лейптинита и фюзинита. Из распространенных показателей метаморфизма для углей нижнего карбона предлагается использовать сочетание параметров - содержание углерода в органической массе ($C_o^0, \%$) и показатель отражения витринита (R_0).

Содержание углерода в органической массе мало зависит от вещественно-петрографического состава углей. Это обстоятельство, не существенное для однородных по микрокомпонентному составу уг-

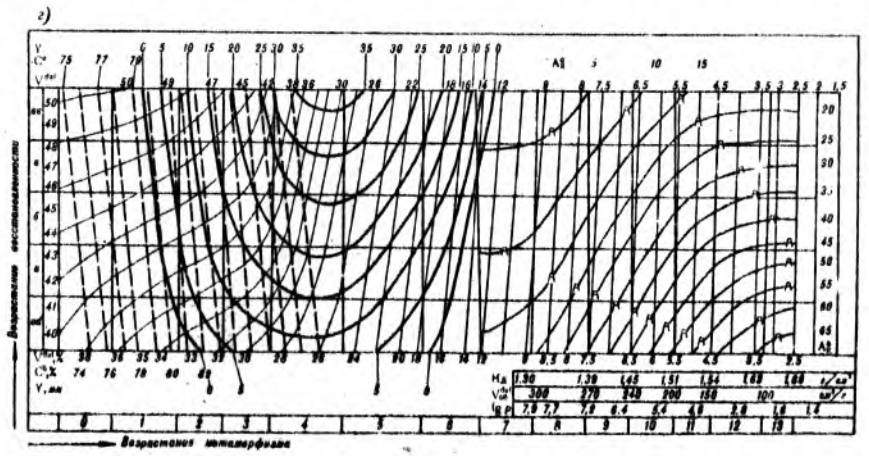
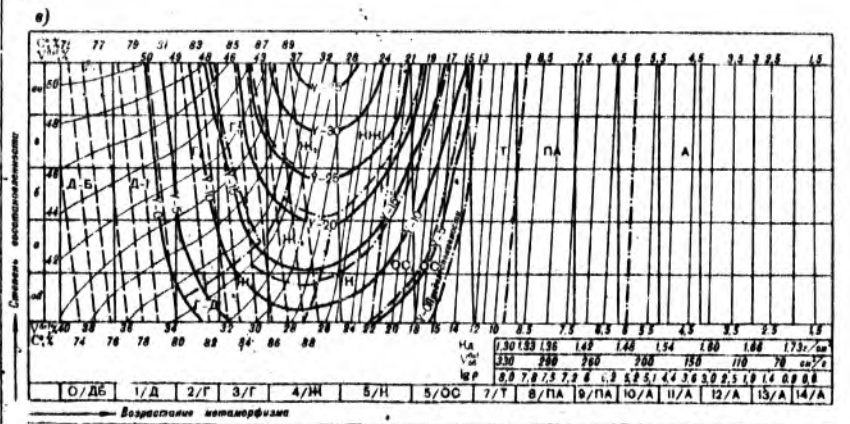
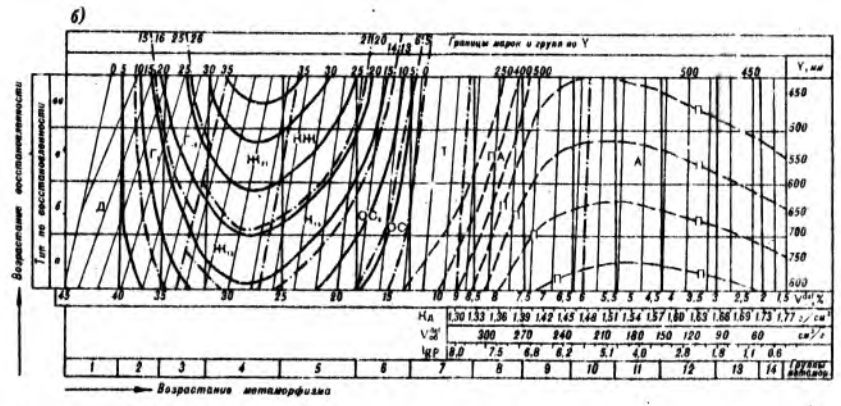
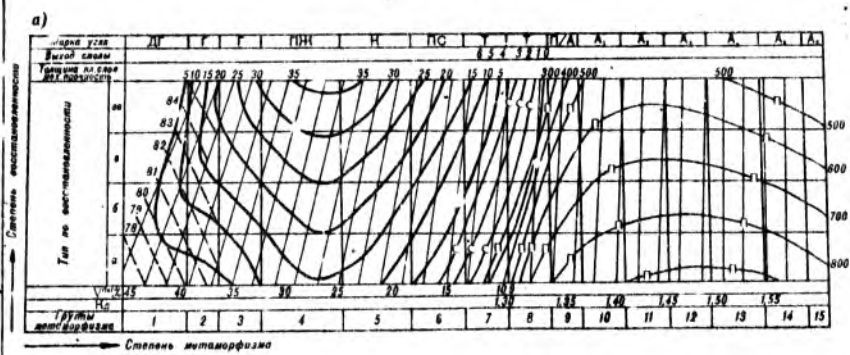
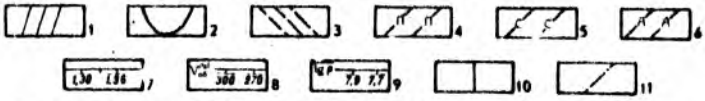


Рис. 6. Схема развития классификационной диаграммы ДонУГИ— ПГО «Донбассгеология»: а) в 1954 г.; б) в 1963 г.; в) в 1972 г.; г) в 1978, 1980 гг.



1 — изотермы выходы летучих веществ на горючую массу ($V^{гм}$); 2 — изотермы толщины пластического слоя (Y , мм); 3 — изотермы содержания углерода на массу ($C^{\%}$); 4 — изотермы механической прочности по копру (P , г/см²); 5 — изотермы выходы смолы по методу Дон УГИ (T , %); 6 — изотермы анизотропии показателя отражения витринита (A , %); 7 — K_d — плотность органической массы (г/см³); 8 — $V^{гм}$ — объемный выход летучих веществ (см³/г); 9 — I_{gr} — удельное электросопротивление (I_{gr} Ом·мм/мм³); 10 — границы групп метаморфизма; 11 — границы технолитических групп по ГОСТУ 8180-59.

Таблица 2

Пределы изменения показателя отражения
втринита (R_c) в зависимости от стадии метамор-
физма и типа углей по восстановленности

По М.Л.Левенштейну и др. /67/

Стадия мета- морфизма (по до- нецкой шкале)	R_c для типов углей				
	Особо мало- восстанов- ленных (оа)	Маловос- станов- ленных (а)	Промежу- точных (б)	Восстанов- ленных (в)	Весьма во- станов- ленных (вв)
ИД	<u>0.64-0.87</u> 0,74	<u>0.51-0.76</u> 0,60	<u>0.46-0.64</u> 0,56	<u>0.41-0.58</u> 0,50	<u>0.38-0.48</u> 0,45
2Г	<u>0.63-0.99</u> 0,81	<u>0.55-0.89</u> 0,74	<u>0.50-0.84</u> 0,71	<u>0.50-0.81</u> 0,69	<u>0.59-0.70</u> 0,65
3Г	<u>0.76-1.17</u> 1,01	<u>0.80-1.17</u> 0,90	<u>0.70-1.01</u> 0,86	<u>0.69-0.93</u> 0,81	<u>0.67-0.84</u> 0,75
4Ж	<u>1.07-1.40</u> 1,22	<u>0.92-1.37</u> 1,12	<u>0.83-1.25</u> 1,08	<u>0.86-1.25</u> 1,05	<u>0.87-1.14</u> 1,01
5К	<u>1.43-1.73</u> 1,55	<u>1.23-1.66</u> 1,40	<u>1.20-1.66</u> 1,36	<u>1.23-1.35</u> 1,30	<u>1.16-1.40</u> 1,29
60С	<u>1.71-1.78</u> 1,75	<u>1.57-1.75</u> 1,64	<u>1.51-1.76</u> 1,64	<u>1.61-1.70</u> 1,63	<u>1.54-1.67</u> 1,62

Примечание. В числителе даны пределы изменения R_c ,
в знаменателе - среднее значение.

Пределы изменения выхода летучих веществ (V^{vol})
в зависимости от стадии метаморфизма и типа
углей по восстановленности

Стадия мета- морфизма (по до- нецкой шкале)	V^{vol} для типов углей				
	Особо мало- восстанов- ленных (оа)	Маловосста- новленных (а)	Промежуто- чных (б)	Восстанов- ленных (в)	Весьма во- станов- ленных (вв)
1 Д	<u>35,9-36,4</u> 36,1	<u>36,8-40,6</u> 38,4	<u>38,8-43,1</u> 40,9	<u>43,5-47,6</u> 44,5	<u>47,4-50,4</u> 49,0
2 Г	<u>32,9-36,7</u> 35,0	<u>35,9-40,1</u> 37,2	<u>38,3-44,8</u> 40,8	<u>41,3-45,5</u> 43,2	<u>44,6-47,0</u> 45,9
3 Г	<u>29,0-34,4</u> 32,3	<u>32,0-38,3</u> 35,0	<u>35,4-40,8</u> 38,1	<u>37,7-42,7</u> 40,7	<u>40,6-45,8</u> 42,9
4 Ж	<u>26,0-31,8</u> 28,1	<u>26,4-34,7</u> 30,2	<u>26,8-37,5</u> 31,1	<u>28,1-38,9</u> 32,4	<u>29,5-36,6</u> 33,6
5 К	<u>18,6-24,7</u> 20,9	<u>19,4-25,9</u> 22,5	<u>19,9-27,9</u> 23,5	<u>24,5-26,9</u> 26,0	<u>22,5-27,7</u> 26,5
6 0С	<u>15,2-15,5</u> 15,3	<u>16,8-18,6</u> 17,1	<u>16,2-19,1</u> 18,0	<u>18,5-19,7</u> 19,0	<u>18,0-20,0</u> 19,0

Примечание. В числителе даны пределы изменений V^{vol}
в знаменателе - среднее значение.

лей среднего карбона, имеет большое значение для неоднородных нижекарбоновых углей.

Различные петрографические компоненты одного угля, различаясь по выходу летучих веществ, выходу смолы, содержанию водорода и кислорода, мало отличаются по содержанию углерода. Углерод с одинаковой равномерностью изменяется в дюрене и витрене, причем разница в содержании углерода в них сохраняется почти постоянной: в дюрене, в среднем, углерода содержится на 1% выше, чем в витрене из того же угля. Это позволяет вводить поправку на содержание углерода с целью правильной корреляции зон метаморфизма нижекарбоновых, преимущественно дюрено-клареновых и кларено-дюреновых углей, с клареновыми углями среднего карбона.

Удовлетворительно можно определить степень метаморфизма и генетический тип дюрено-клареновых и кларено-дюреновых углей нижнего карбона в зоне I Д - 4 Ж, используя для этого пару показателей: показатель отражения витринита R, и содержания углерода C⁰. Преимущества совместного использования показателя отражения витринита и содержания углерода обусловлены, во-первых, независимостью показателя отражения витринита и малой зависимостью содержания углерода от микрокомпонентного состава углей; во-вторых, устойчивой разностью в содержании углерода между дюреновыми и клареновыми углями, что позволяет вводить поправку в его значение, в третьих, разнонаправленностью кривых функций показателя отражения витринита и содержания углерода в системе координат "метаморфизм - восстановленность", в связи с чем они в области групп ID-4Ж пересекаются под большим углом.

В свете изложенных представлений можно предположить возможность расширения области применения донецкой классификационной диаграммы и в других угольных бассейнах. При проверке возможности ее использования, естественно, должны быть найдены пути тщательного учета специфики углей каждого бассейна.

ГРУППИРОВКА АНТРАЦИТОВ ДОНЕЦКОГО БАСЕЙНА

В связи с изменениями методов определения классификационных параметров в действующих ГОСТах возникла необходимость уточнения их взаимосвязи. Некоторые методы в деталях остались не унифицированными. В этой связи возникла целесообразность более де-

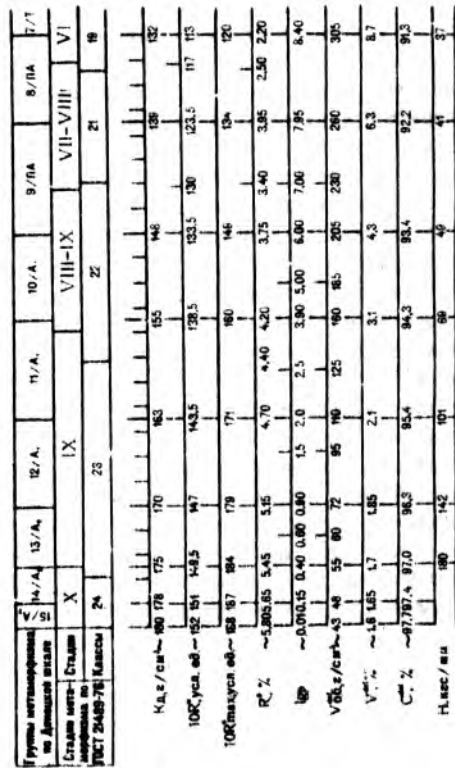


Рис. 7. Показатели углефикации и группировка антрацитов Восточного Донбасса по группам и стадиям метаморфизма (В. А. Соколов, Г. М. Зимаков, А. И. Зильберштейн, Ю. А. Терещенко, 1980 г.)

тальной взаимосвязки данных по антрацитам Восточного и Центрального Донбасса. В.А.Соколов, М.И.Зильберштейн, В.М.Зимаков и др. /50, III/ провели специальные экспериментальные исследования. По десяти опорным шахтам по пластам в диапазоне от тощих до суперантрацитов были отобраны штубные пробы с целью определения всего комплекса показателей метаморфизма: плотности органической массы, удельного электросопротивления микротвердости, элементного состава и показателей отражения витринита. Кроме того, были привлечены данные по массовым определениям керновых проб из геологоразведочных скважин, выполненным ПГО "Дугеология" за период с 1954 по 1977 гг.

Результаты этих определений были систематизированы относительно средних значений интервалов, принятых через 0,5 ρ_{gr} и статистически обработаны. За основу взаимосвязки всех показателей была принята условно линейная шкала плотности органической массы. На диаграмме (рис.7) границы между группами метаморфизма приняты с определенной долей условности с тем, чтобы сохранить преемственность в классификации углей, принятой на геолого-углехимической карте.

Сравнение соответствия показателей метаморфизма диаграммы Восточного Донбасса и сводного графика показало почти полное совпадение группировок по ρ_{gr} , хорошее по R_{max} и V_{def} , удовлетворительное по d_0^* и плохое совпадение по V_{def} . Для проверки соответствия зависимостей была построена диаграмма на основе массового материала Центрального и Восточного Донбасса по V_{def} , V_{def}^{def} , ρ_{gr} , R_{max} , C_{def} и Q_0^{def} на основе d_0^* . Анализ этих сопоставлений показал высокую сходимость данных ПГО "Донбассгеология" и ПГО "Дугеология" по ρ_{gr} , R_{max} и V_{def} ; по V_{def}^{def} были скорректированы зависимости на графике, а по C_{def} и Q_0^{def} - дополнены. Все это нашло отражение в эталонной шкале метаморфизма клареновых углей.

Для уточнения эталонной шкалы метаморфизма в области антрацитов существенные дополнительные данные получены по результатам бурения Чистяковской опорной скважины С-1379, графика изменения физических и химико-технологических свойств углей которой прилагается к комплексу карт.

Прямых данных по замерам отражения витринита в масле в Восточном Донбассе, к сожалению, оказалось мало, а расчеты среднего (R_c) были выполнены по отмененной ныне несовершенной формуле. Для использования этих данных потребовался двойной пере-

счет, который неизбежно внес дополнительную погрешность в конечный результат R_c .

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ОТРАЖЕНИЯ ВИТРИНИТА ПРИ ГЕОЛОГО-УГЛЕХИМИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЯХ

Наиболее удобным обим (сквозным) показателем степени метаморфизма для углей любого петрографического состава является показатель отражения витринита, хотя на каждой стадии метаморфизма углей он по чувствительности уступает некоторым другим частным показателям.

Метод определения показателей отражения витринита согласно прежних нормативных документов и ныне действующего ГОСТа 12113-83 предусматривает несколько вариантов условий проведения измерения: по виду препарата (анишиф-брикет и анишиф-штуб), по среде измерения (воздух и иммерсионное масло), по характеру света (поляризованный, неполяризованный), по срезу замеряемых зерен (на срезе максимального отражения и на срезе минимального отражения или получение среднего). Следовательно, по ГОСТу мы можем получить 16 разновидностей показателей отражения витринита (рис.8).

Строгой единообразной регламентации в методике определения отражения витринита в разных организациях до недавнего времени не было. Далеко не всегда это отражено в опубликованных и фондовых материалах. Поэтому использование исходных данных потребовало тщательной проверки с приведением результатов замеров на сопоставимый уровень и их взаимной увязки. В этой связи выполнены экспериментальные работы по сопоставлению величин показателей отражения, из одних и тех же проб на замере в различных условиях (по данным бурения скважины К-1027 и С-1379).

Разделение на стадии метаморфизма и классы по показателю отражения витринита производилось ранее по ГОСТу 21468-76, согласно которому границы между стадиями и классами устанавливались по средним значениям показателя отражения витринита (\bar{R}), на основе его определения по анишиф-брикету в соответствии с ГОСТом 12113-66, а с 01.06.1981 г. с ГОСТом 12113-77, в монофотометрическом неполяризованном свете в иммерсионном масле.

1 системе ПГО "Донбассгеология" определения \bar{R} производились на фотоэлектронной установке ФЭУ-ММ-7 системы НИИ и ГТИ. До 1979 г. замеры производились преимущественно в воздушной среде согласно ГОСТу 12113-66. Только с 1979 г. измерения стали про-

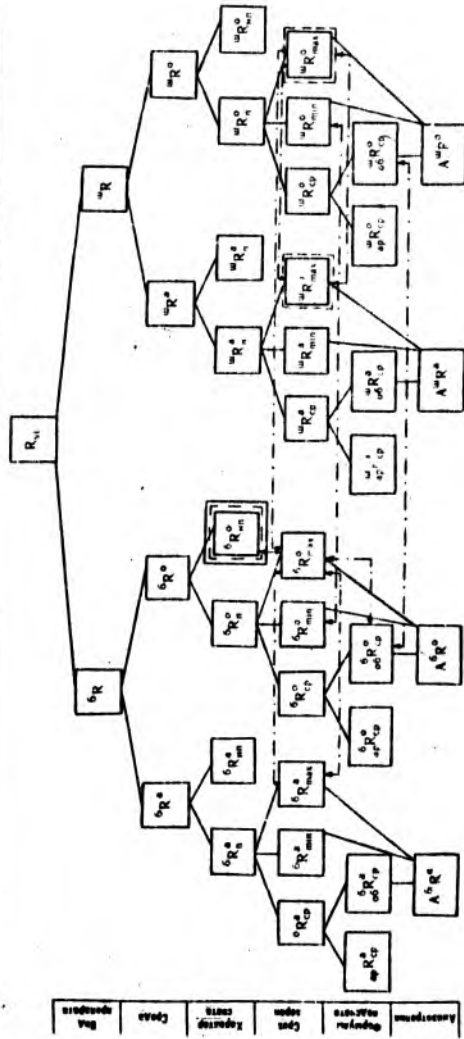


Рис. 8. Схема условий замеров показателей отражения витринита

R_a^0 — аншлиф-брикет; R_a^1 — аншлиф-штуф; R^0 — в иммерсионном масле; R^1 — в воздухе; R^0 — среднее арифметическое; R^1 — среднее геометрическое; $R_a^0^0$ — объемный средний; $R_a^0^1$ — объемный; $R_a^1^0$ — объемный; $R_a^1^1$ — объемный; $R_b^0^0$ — объемный; $R_b^0^1$ — объемный; $R_b^1^0$ — объемный; $R_b^1^1$ — объемный; $R_a^0^0^0$ — условия замера R , которые выполняются при построении карт метаморфизма; $R_a^0^0^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_a^0^1^0$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_a^0^1^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_a^1^0^0$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_a^1^0^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_a^1^1^0$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_a^1^1^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^0^0^0$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^0^0^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^0^1^0$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^0^1^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^1^0^0$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^1^0^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^1^1^0$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время; $R_b^1^1^1$ — условия замера R , которые выполняются в настоящее время.

Составил О.И. Спирин

водить в иммерсионном масле (ГОСТ I2I13-77). Традиционным объектом исследования являлся аншлиф-штуф с количеством 20-25 замесов, которые на аншлиф-брикетах до последних лет производились реже. Поэтому до недавнего времени превалировал массовый материал по замерам в воздухе (R_a), накопленный за период с 1964 по 1980 гг. Начиная с 80-х годов, начали поступать массовые прямые замеры показателя отражения в масле, отвечающие современным требованиям (ГОСТ I2I13-83), которые без пересчетов пригодны для использования при разделении углей на классы по ГОСТу 25543-82 и 25543-88. Следует заметить, что и здесь не обошлось без методических изменений. В отличие от ГОСТа 2I489-76, где \bar{R} , рассчитано как среднее арифметическое $\frac{R_{a,max} + R_{a,min}}{2}$, в новом

ГОСТе предложено R_a считать как среднееобъемное по формуле:

$$R_a = \frac{1}{3}R_{a,max} + \frac{2}{3}R_{a,min}$$

, которое практически отвечает значениям \bar{R}_a , замеряемых в аншлиф-брикетах.

Показатель отражения витринита не зависит от микрокомпонентного состава углей. Он изменяется однонаправленно в метаморфическом ряду и не требует большой навески исходной пробы, что позволяет проводить измерения в углях и в угольных включениях осадочных пород. Некоторые исследователи предполагают почти монотонное изменение этого показателя и принимают показатель отражения витринита для деления всей гаммы углей по степени (классам) метаморфизма, не допуская существенного искажающего влияния генетического типа на этот показатель. Однако детальные исследования специалистов ПГО "Донбассгеология" Левенштейна М.Л. /61,67/, Левенштейна М.Л., Комогорова В.В. /64/, работы М.Н.Пономаревой /62,63/, М.М.Лифшиц /73/, Г.П.Вырвич /1973/, А.М.Латтевой, Л.И.Сарбеевой (1965, 1967), В.И.Узиж /118/ и др. показали, что не только выход летучих, но и показатель отражения витринита и другие показатели метаморфизма зависят не только от степени метаморфизма, но и от степени восстановленности угля. Вследствие этого при формальных построениях карт и разрезов выявляется значительный разброс данных, если не учитывать генетического типа угля, искажающий закономерности метаморфизма. Отмечаются часто кажущиеся отклонения от правила Хилта.

Вышележащий заведомо менее метаморфизованный пласт характеризуется иногда несколько большим значением \bar{R}_a , чем нижележащий заведомо более метаморфизованный. Так, например, в Красно-

армейском районе (участок Лесовский-Глубокий) в слабосоосновленном (типа "а") пласте m , значения R_s на 0,1-0,2% выше, чем в пласте l_3 , залегающем в 300 м ниже, но весьма восстановленном (тип "в"). Таких примеров можно привести множество.

Анализ фактических замеров показателя отражения витринита, увязанных с традиционными углехимическими показателями, позволил построить изолинии отражения витринита в координатах генетической классификационной диаграммы ДонУГИ и треста "Артемгеология".

При геолого-углехимических построениях карт и разрезов необходимо было исключить влияние типа угля по восстановленности на величину \bar{R}_s . С этой целью значения \bar{R}_s приводятся к среднему типу углей по восстановленности (\bar{R}_s). Для приведения к среднему типу "б" по восстановленности была использована упомянутая классификационная диаграмма с изоресплендами (рис. 6). Угли типа "б" были приняты за эталонные с учетом их положения на средней полосе классификационной диаграммы, а также потому, что по объему встреченных пластопересечений угли типа "б" занимают 47%, а угли типа "а" и "в" — соответственно 25 и 28%.

Все полученные значения показателя отражения витринита были приведены к значениям изореспленд углей эталонной средней степени восстановленности. Это позволило устранить влияние разнотипности пластов на величину \bar{R}_s и способствовало более объективной геометризации зон метаморфизма на разрезах и на картах погоризонтных срезов.

Для построения изореспленд на картах метаморфизма часто не хватало фактических замеров показателей отражения витринита. Поэтому дополнительно использованы расчетные величины $\bar{R}_s / 132$, исходя из корреляционных связей между показателем отражения витринита и другими показателями метаморфизма (таблица 4).

Таблица 4

Уравнения связи между показателями отражения витринита и традиционными классификационными показателями каменных углей и антрацитов

Вид и тип угля	Уравнение регрессии $\bar{R}_s = \frac{1}{2}R_{s_{max}} + \frac{1}{2}R_{s_{min}}$ (ГОСТ 12113-76)	Средне-квadraticкая ошибка уравнения	Коэффициент корреляции, \pm отклонение	К-во определенных
Каменный	$\bar{R}_s = 2,295 - 0,039 \cdot \sqrt{V^{daf}}$	0,136	$-0,92 \pm 0,008$	557
То же	$\bar{R}_s = -4,844 + 0,67 \cdot C^D$	0,176	$0,82 \pm 0,017$	371
" "	$\bar{R}_s = 4,163 - 4,169 \cdot \frac{H_D}{C_D}$	0,167	$0,87 \pm 0,012$	371
Антрациты:	$\bar{R}_s = 5,872 - 0,364 \cdot \sqrt{V^{daf}}$	0,468	$-0,87 \pm 0,01$	291
9ПА-	$\bar{R}_s = 7,377 - 1,152 \cdot \frac{H_D^O}{C_D}$	0,364	$-0,92 \pm 0,01$	246
II A ₁	$\bar{R}_s = 6,735 - 0,013 \cdot V^{daf}$	0,364	$-0,93 \pm 0,01$	288
То же	$\bar{R}_s = -7,692 + 7,908 \cdot d_p^2$	0,360	$0,93 \pm 0,01$	290
" "	$\bar{R}_s = 6,128 - 0,369 \cdot \lg p$	0,327	$-0,94 \pm 0,01$	282

Аналогичного типа уравнения связи для высших стадий метаморфизма антрацитов (I2₂-I5A₂) не установлены.

Для углей среднего карбона с $\sqrt{V^{daf}}$ более 8% обычно использовался графический метод перевода углехимических показателей с помощью классификационной диаграммы.

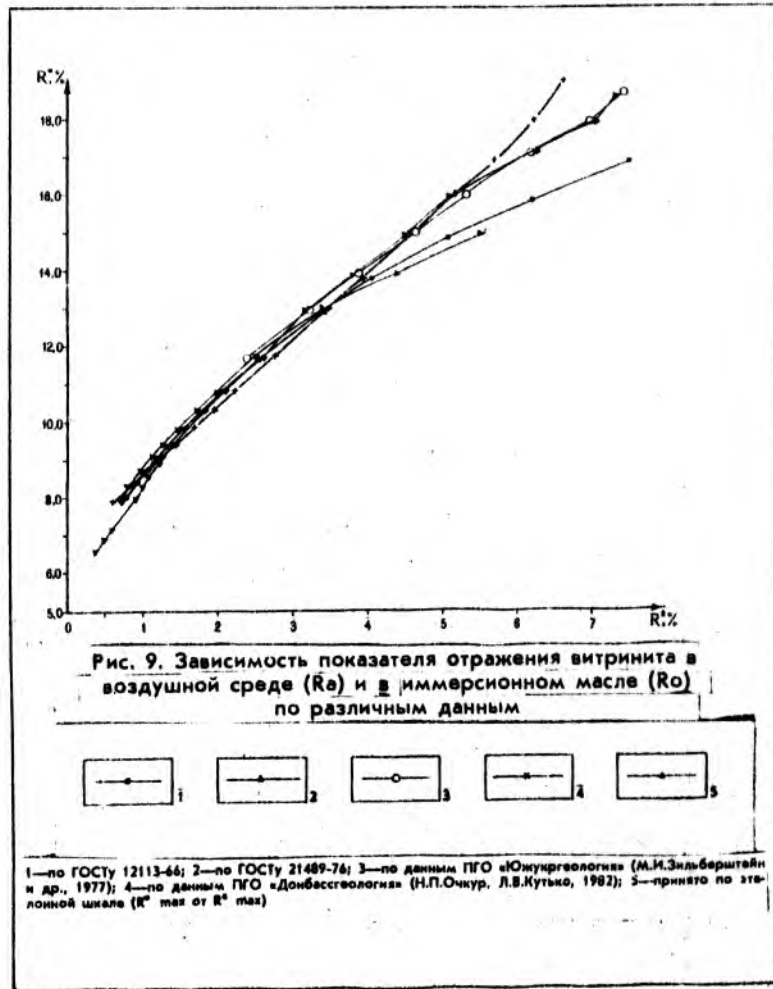
Поскольку с 1979 г. измерения показателя отражения витринита в Донбассе производились в иммерсионном масле, необходимо было все фактически ранее замеренные показатели отражения в воздухе перевести в значения, замеряемые в масле. Для этой цели была использована табличка приложения к ГОСТу 12113-66 "Зависимость отражательной способности витринита в воздушной среде (\bar{R}_s) и иммерсионном масле (\bar{R}_s) на фотополупроводниковой установке ФЭУ-МИМ-7 в процентах (неполяризованный монохроматический свет, $\lambda = 558$ нм).

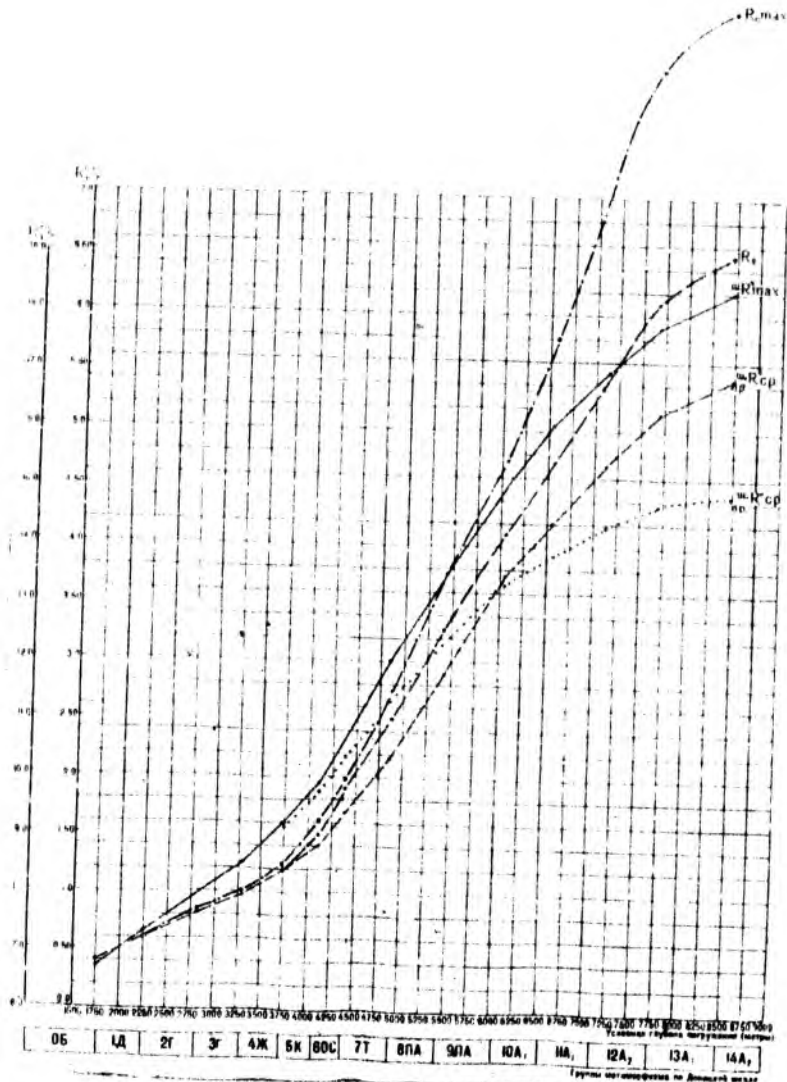
К настоящему времени накопилось достаточное количество данных по показателю отражения витринита, измеренного в иммерсионном масле. Выявилось некоторое несоответствие фактических значений R_v и расчетных, получаемых по таблице перевода ГОСТа I2113-66 (исходя из первичных замеров R_v). Фактические данные по Восточному Донбассу М.И.Зильберштейна и др. /50/, В.А.Соколова и др. /III/ подтверждают наши расхождения не только с таблицей ГОСТа I2113-66, но и ГОСТа 21489-76. Расхождения существенны только в области антрацитов и особенно суперантрацитов. Поэтому переводная таблица и график могут быть надежно использованы только при значениях R_v менее 3,5%.

Результаты исследований по выявлению взаимосвязей показателей отражения витринита (замеряемых в разных условиях), выполненных углепетрографом Л.В.Кутько /I32/ при апробации маркировки углей юго-западной части Донбасса в соответствии с промышленно-генетической классификацией (ГОСТ 25583-82), показали, что в непрерывном ряду метаморфизма отклонения в значениях показателей отражения витринита, измеряемых по различным препаратам, лежат в пределах допустимых лабораторных погрешностей. Но это верно если рассматривать весь ряд метаморфизма, а в области антрацитов и суперантрацитов отклонения возрастают (рис.9, 10) и выходят за пределы допустимых погрешностей. Следовательно, пересчет показателей отражения витринита, измеренные в разных условиях, оказываются в области антрацитов ненадежными и практически малопригодными для построений.

В наших условиях на гистометрические планы угольных пластов были вынесены фактические показатели отражения витринита в масле, приведенные к углям промежуточного типа по восстановленности. К фактическим показателям относились максимальные показатели отражения витринита в масле как в действительности замеренные, так и полученные путем перевода по таблице приложения 4 ГОСТа I2113-66, а также полученные путем пересчета по формулам уравнений связи из углехимических показателей. Наши исследования вновь подтвердили тезис, что максимальный показатель отражения витринита имеет меньшую погрешность и больший градиент в шкале метаморфизма по сравнению с любыми средними и поэтому более пригоден для прогнозных построений.

Задумано, по этим причинам для оценки степени катагенетических изменений углей и угольных включений в породах специалисты по поискам нефти и газа широко используют максимальный показа-





Тель отражения витринита R_{max} как за рубежом, так и в нашей стране /74-76/.

Однако для решения технологических задач, исследования и подбора шихт для коксования, анализа их составе и свойств по гистограммам показателя отражения, когда изучения ведется исключительно по брикетам, более удобно использование среднего показателя. Это нашло отражение в работах И.И.Аммосова /7/, И.В.Бремина /39-42/, Э.Штах, М.Т.Маковской и др. /84, 121/, а также в действующих стандартах.

Исходя из изложенного, на рабочих катках районов масштаба 1:100 000 нами для прогнозирования отдалено предпочтение максимальным значениям (R_{max}). На сводных картах 1:500 000 во избежание разнобоя мы вынуждены были перейти к показу изореспленд по объемному среднему R_v (ГОСТ 12113-83), поскольку этот показатель предписан ГОСТом 25543-86. Замена показателя R_v другим (даже лучшим) привела бы к несопоставимости карт качества углей разных бассейнов.

Учитывая изложенные обстоятельства, построенные изореспленды ввиду методической неоднородности исходных фактических данных потребуют в дальнейшем уточнения по мере накопления массовых прямых замеров R_v , особенно в области развития антрацитов.

ЭТАЛОННАЯ ШКАЛА МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ ДОНБАССА

Для правильного прогноза метаморфизма углей на новых площадях, кроме однозначного определения фактической степени метаморфизма в исходных точках опробования, необходимо использовать закономерные связи изменений метаморфизма с положением пласта в стратиграфическом разрезе, мощностью угленосных толщ и современной глубиной залегания. На Геолого-углегеохимической карте (1954) для этой цели были построены и использовались условные разрезы угленосной толщи с очерченными границами групп метаморфизма/24/. Такой разрез позволил определить место любой заданной точки в пласте относительно линий изометаморфизма в угленосной толще и выдать прогноз степени метаморфизма. Условный разрез в графической форме отражает связь метаморфизма углей с их положением в стратиграфическом разрезе с учетом мощности угленосных шихт. Влияние современной глубины залегания считалось незначительным и авторы карты им пренебрегли. Методика составления углегеохимической карты сыграла большую роль на начальной стадии исследований,

однако в дальнейшем она потребовала уточнений. Для анализа маасового материала и построения прогнозных зон на нынешних картах метаморфизма широко и более эффективно используются графики изменения свойств клареновых углей в эталонном разрезе среднего карбона Донбасса /61, 65/. Широко применение получили также аналитические методы прогнозирования М.Л. Левенштейна с использованием значений градиентов метаморфизма и их составляющих /56, 60/.

Для создания основы эталонной шкалы метаморфизма были совмещены разрезы 120 скважин в условиях пологого залегания (до 15°) при фоновом геотермическом градиенте 2, 4–2, 8°С на 100 м, охватывающие все стадии метаморфизма углей Донецкого бассейна. Совмещение разрезов скважин, проведенное по показателям метаморфизма углей, позволило построить график изменения важнейших физических свойств углей с увеличением глубины по сводному разрезу от бурых углей до антрацитов. Эти свойства рассматриваются как функция относительной глубины залегания или точнее условной доинверсионной глубины погружения.

Приведенные графики можно рассматривать как эталонную характеристику изменений физических свойств углей в ходе ката- и метатенеза. Условная глубина погружения пласта по эталонному графику может служить мерой метаморфизма.

Удобнее всего за единицу метаморфизма принять изменение физических и химических показателей на каждые 100 м увеличения глубины погружения пласта. Эту единицу мы, как и М.В. Голицын, предлагаем назвать "ококом" в честь В.И. Скока, впервые предложившего оравнивать интенсивность метаморфических изменений угля по палеоглубине доинверсионного погружения.

По параметрам физических и химических свойств конкретной пробы угля можно определить положение ее в шкале глубин, т.е. степень метаморфизма выразить в "ококах" или в условных метрах погружения.

В качестве начала отсчета глубины на графиках принята доинверсионная поверхность палеозойских отложений. Так как в Донбассе зона начального катагенеза (с бурными углями) не сохранилась и уничтожена эрозией, глубина погружения толщ с углями на границе бурогоугольной с каменноугольной стадий определена ориентировочно по палеотектоническим реконструкциям и сопоставлена для контроля с соответствующими прямыми данными по скважинам на Русской платформе и в Днепровско-Донецкой впадине.

Анализ изменений свойств клареновых углей в зависимости от относительной глубины погружения подтверждает сопряженность из-

менения различных параметров, применяемых в качестве показателей метаморфизма углей. Формы связи с глубиной погружения для каждого параметра различны – уравнения связи приведены на графиках. Условная глубина погружения по эталонной шкале обладает замечательным свойством: она изменяется равномерно, линейно. Все другие показатели изменяются нелинейно. Градиент метаморфизма углей в зависимости от того или иного используемого физического или химического параметра в ряду стадий от Б до А изменяется по разным законам. Градиент метаморфизма по весовому выходу летучих ($V^{лет}$) имеет максимум в области 4Ж, 5К, 6 ОС и резко уменьшается как в менее, так и в более метаморфизованных углях. Градиент содержания углерода имеет максимальное значение в слабометаморфизованных углях и последовательно уменьшается по мере увеличения метаморфизма до значений, близких к нулю. Градиент показателя отражения витринита плавно увеличивается от слабометаморфизованных углей до антрацитов группы IIA, а в суперантрацитах групп I2–I5A₂ (метаантрацитах) показатель отражения витринита стабилизируется, градиент соответственно уменьшается почти до 0. До сих пор, к сожалению, общепринятой работы, в которых авторы, исследуя закономерности метаморфизма на основе какого-либо одного показателя (чаще всего, выхода летучих веществ, элементарного состава или показателя отражения витринита) забывают о нелинейном изменении показателей в разрезе. Такой подход чреват серьезными ошибками.

Сводный эталонный график положен в основу эталонной шкалы метаморфизма углей Донбасса (см. комплект карты).

Эталонная шкала позволяет: 1 – провести комплексную корреляцию всех химических, физических и петрографических показателей, строго привязанных к определенной стадии метаморфизма, отмечаемой по шкале погружений; 2 – определить полный градиент метаморфизма по каждому показателю; 3 – оценить дисперсию каждого показателя на любой стадии метаморфизма; 4 – оценить чувствительность каждого параметра как показателя метаморфизма. Эталонная шкала очень удобна для прогнозирования степени метаморфизма углей на глубоких горизонтах и на неопроискованных площадях. Достаточно по фактическим данным привязать пласт к шкале условных глубин погружения, затем к полученной величине в метрах прибавить (в масштабе) расстояние по нормали до нужного горизонта и отсчитать по шкале значения любых требуемых прогнозных параметров.

Линейная эталонная шкала метаморфизма отражает суммарное изменение углей на до- и постинверсионных этапах в увязке с линейным изменением термодинамических условий метаморфизма углей с палеоглубиной.

Шкала представляет собой систему увязанных показателей степени метаморфизма углей трех уровней: первый - единая линейная мера - условная глубина погружения; второй - сквозная прямая мера - показатель отражения витринита, третий - совокупность дискретных мер - показателей свойств углей, которые являются наиболее эффективными в частных диапазонах метаморфического ряда.

Для определения положения исследуемого угля в общей (условной) шкале глубин доинверсионного погружения используются вся конкретная информация о взаимосвязанных петрографических и химико-технологических свойствах угля, что позволяет исключить ошибки, неизбежные при определении степени метаморфизма по единичным разрозненным взаимно неконтролируемым показателям.

Эталонная шкала метаморфизма углей Донецкого бассейна подверглась основательной экспериментальной проверке. В 1963-1965 гг. были пробурены три параметрические скважины, которые вскрыли угленосную толщу в диапазоне почти всей гаммы метаморфизма углей от границы с бурными до антрацитов группы I2A. Очеретинская скважина (К-900) глубиной 2947 м вскрыла непрерывный разрез от IД до 7Т; Макеевская (2516 м) вскрыла угли в зонах от 3Т до 8ПА, а Чистяковская при глубине 2040 м переоклала антрацитовую зону от 8ПА до I2A. Толща, вскрытая скважинами, залегает полого (5-15°). Геотермические условия стабильны и близки к типичным - геотермический градиент равен 3,1°С на 100 м. Угли разреза всесторонне и детально исследованы. В таблице 5 приведено сопоставление значений показателей метаморфизма и их градиентов по скважинам и эталонной шкале. Сопоставлены также мощности зон распространения групп метаморфизма. Анализ результатов показал хорошее совпадение прогнозных данных по эталонной шкале с фактическими (7-8 листов комплекта карт).

Эталонная шкала обеспечивает объективный анализ связи различных горно-геологических явлений со степенью метаморфизма во всем его диапазоне от бурных углей до суперантрацитов. При этом благодаря линейности шкалы погружений лучше вскрывается связь физических и технологических свойств пород с палеотермодинамической обстановкой, от которой, в конечном счете, зависит степень метаморфизма.

Изменения основных показателей физических и химико-технологических свойств углей по данным глубоких скважин

Группы метаморфизма	Номер скважины	Мощность зоны, м	Показатель отражения витринита				Выход летучих веществ сухой беззолной массы				Содержание углерода (C ⁺), %		Теплота сгорания (Q ^{ст})		Удельное сопротивление (lgP)		Плотность органической массы (d _o), г/см ³	
			Максимальный (R _{max}), %		Средний (R _{ср}), %		Весовой (V ^{дат}), %		Объемный (V ^{об}), см ³ /т									
			Диапазон	Градиент	Диапазон	Градиент	Диапазон	Градиент	Диапазон	Градиент	Диапазон	Градиент	Диапазон	Градиент	Диапазон	Градиент	Диапазон	Градиент
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
II	К-900 Эт. шк.	580 490	0,44-0,60 0,40-0,61	+0,03 +0,04	0,44-0,60 0,40-0,61	+0,03 +0,04	- 43,5-415	- 0,03	- ок.340	- 0,0	- 77,5-81,0	- +0,61	- 30,8-34,3	- +0,71	- 8,4	-	- 1,34-1,29	- -0,01
2Г	К-900 Эт. шк.	690 590	0,60-0,78 0,61-0,78	+0,03 +0,03	0,60-0,78 0,61-0,78	+0,03 +0,03	- 41,5-395	- -034	- ок.340	- 0,0	- 61,0-64,0	- +0,61	- 34,3-34,8	- +0,16	8,4	-	- 1,29-1,25	- -0,01
3Г	К-900 Ш-1027 Эт. шк.	440 410 470	0,76-0,95 0,76-0,89 0,78-0,96	+0,04 +0,04 +0,04	0,76-0,95 0,78-0,89 0,78-0,95	+0,04 +0,04 +0,04	39,8-370 400-37,4 39,5-365	-063 -063 -043	- " "	- 0,0	84,0-87,3 86,0-88,5 84,0-86,8	+0,7 +0,61 +0,61	- - 34,8-35,9	- - +0,16	- - -	- - -	- - 1,25-1,23	- - 0,0
4К	К-900 Ш-1027 Эт. шк.	360 360 440	0,95-1,24 0,89-1,15 0,96-1,28	+0,08 +0,07 +0,06	- - 0,95-1,15	- - 0,04	37,0-27,0 36,4-27 36,5-27	-2,77 -261 -238	- " "	- 0,0	87,3-89,8 88,5-90,5 86,8-89,6	+0,69 +0,6 +0,6	- 35,9-36,2 35,9-36,6	- - +0,16	7,80-7,70 8,66-8,56 8,50	0,0 0,0 -	1,23-1,24 1,23-1,24 1,23-1,24	0,0 0,0 0,0
5К	К-900 Ш-1027 Эт. шк.	350 340 360	1,24-1,60 1,15-1,55 1,23-1,61	+0,10 +0,12 +0,11	- - 1,15-1,54	- - 0,1	26,9-19,0 27,5-195 27-19,5	-226 -235 -208	338-329 " "	0,0	89,8-91,0 90,5-91,2 89,6-91,0	+0,34 +0,21 +0,4	36,1-36,8 36,2-36,5 36,6-37,0	- - +0,11	7,70-7,90 8,56-7,75 8,50	0,0 0,0 -	1,24-1,25 1,21-1,25 1,24-1,26	0,0 0,0 0,0
60С	Ш-1027 Эт. шк.	320 310	1,55-1,93 1,61-1,98	+0,12 +0,12	- 1,54-1,84	- +0,09	19,5-14 19,5-135	-172 -193	- "	- 0,0	91,2-92,3 91,0-92,3	+0,36 +0,4	36,5-36,8 37,0-36,9	- -0,03	8,25-7,75 8,50	0,0 0,0	1,25-1,29 1,26-1,29	+0,01 +0,01
7Г	Ш-1027 Эт. шк.	480 430	1,93-2,60 1,98-2,60	+0,05 0,14	- 1,84-2,50	- -	14,0-9,0 13,5-9,2	-117 -1,0	340-305 -81	- -	92,3-93,0 92,3-93,6	+0,2 +0,3	36,8-36,6 36,9-36,7	-0,04 -0,05	8,23-8,34 8,5-8,4	0,0 0,02	1,24-1,29 1,29-1,34	+0,01 +0,01

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
8ПА	Ш-1027																	
	С-1379	600	2,60-3,75	0,19														
	Эт. шк.	600	2,75-3,75	0,17	2,50-3,20	+0,11	9,2-6,4	-0,47	305-260	-7,5	93,6-95,1	+0,27	36,7-36,2	-0,08	3,4-7,95	0,09	1,34-1,40	+0,01
9ПА	С-1379	510	3,75-4,95	0,23	3,4-4,22	+0,17	5,5-4,0	0,29	260-210	-9,8	94,5-95,5	+0,2	35,8-35,5	-0,06	7,55-6,2	0,26	1,40-1,47	+0,01
	Эт. шк.	600	3,75-4,75	0,17	3,20-4,05	+0,14	6,4-4,0	-0,40	260-205	-9,1	95,1-96,0	+0,15	36,2-35,6	-0,10	7,95-6,0	-0,33	1,40-1,46	+0,01
10А ₁	С-1379	520	4,95-6,15	0,23	4,22-5,0	+0,15	4,0-3,0	0,19	210-155	8,6	95,5-96,3	+0,16	35,5-35,0	-0,1	6,2-3,6	0,5	1,40-1,46	+0,01
	Эт. шк.	520	4,75-5,80	0,20	4,05-5,0	+0,18	4,0-3,0	-0,19	205-160	8,6	96,0-96,5	+0,10	35,6-35,0	-0,12	6,0-3,90	-0,40	1,46-1,55	+0,01
11А ₁	С-1379	590	6,15-7,75	+0,27	5,0-6,0	+0,18	3,0-2,3	-0,16	155-110	-9,3	96,3-94,9	-0,2	35,0-34,6	-0,1	3,6-2,2	-0,24	1,26-1,55	0,02
	Эт. шк.	580	5,80-7,20	+0,24	5,00-6,20	+0,21	3,0-2,1	-0,16	160-110	-8,6	96,5-96,9	+0,07	35,0-34,5	-0,10	3,90-2,1	-0,62	1,55-1,64	+0,01
12А ₂	С-1379	60	(вскрыто)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,55-1,66	-
	Эт. шк.	570	7,20-8,00	+0,14	6,20	-	2,1-1,85	-0,04	110-72	-6,6	96,9-97,2	+0,07	34,5-34,4	-0,0	2,0-0,90	-0,19	1,64-1,70	+0,01

Например, использование эталонной шкалы метаморфизма (вместо мен единичных показателей) для определения количественной зависимости метеносности угольных пластов от степени их метаморфизма позволило резко уменьшить дисперсию уравнения связи. Применение указанной шкалы при изучении зональности выбросоопасности углей и песчаников дало возможность отделить зоны заведомо неопасные по выбросам породы и газа от зон потенциально опасных. При этом решающую роль сыграла более высокая точность и надежность определения степени метаморфизма (катагенеза) по эталонной шкале по комплексу показателей, чем при ранее обособленно использованных единичных показателях V^{dnl} или igr и даже R_c .

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИНЯТЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И МЕТАМОРФИЗМА В ЕГО НЕПРЕРЫВНОМ РЯДУ

При составлении сводных графиков изменения свойств клареновых углей в эталонном разрезе М.Л. Левенштейном был сформулирован эмпирический тезис о том, что условной мерой метаморфизма углей может служить доминантная глубина погружения углей /63,68/. Тем самым было указано на возможность рассчитать и сравнить погрешности оценки метаморфизма по разным его параметрам, приведенные к единому масштабу измерений - в метрах шкалы погружения; количественно определить степень влияния на величины погрешностей типов углей по восстановленности по каждому из параметров метаморфизма, а также выявить эффективность каждого показателя на любой стадии метаморфизма /113, 129/.

Расчет погрешности определения степени метаморфизма по важнейшим его показателям производился с учетом изменения их градиентов на основе эталонного графика изменения физических и технологических свойств клареновых углей Донбасса с учетом данных лабораторных погрешностей по формуле

$$\sigma_x = \frac{\sigma_z}{f_z} = \frac{\sigma_z \Delta x}{\Delta z} \quad \text{в метрах усл. шкалы погружения,}$$

где: σ_x - погрешность определения степени метаморфизма по шкале глубина только с помощью любого единичного показателя Z (V^{dnl} , R и т.д.);

Δx - мощность зон, м, в пределах которой определяется погрешность;

σ_z - погрешность лабораторного определения показателя Z ,

G_z - градиент метаморфизма по показателю Z ($G_z = \frac{\Delta z}{\Delta x}$);

Δz - приращение значения показателя Z в интервале зоны мощностью Δx в м.

Расчетные значения погрешностей (в метрах условной глубины погружения) значительно меньше для углей однотипных или приведенных к среднему типу. Максимальные погрешности имеют место при отсутствии учета типа восстановления.

Анализ полученных данных показывает, что в непрерывном ряду метаморфизма наиболее устойчивым и относительно малозависимым от восстановления параметром метаморфизма является показатель отражения витринита (R_{max}). Погрешность определения условной глубины погружения как меры метаморфизма в однотипных углях составляет 100-200 м, в разнотипных углях она увеличивается в 2-5 раз, но погрешность (выраженная в метрах) обычно меньше мощности групп метаморфизма, за исключением наиболее метаморфизованных антрацитов (I2-I4 A₂).

Приведенные данные показывают, что для снижения общей погрешности при прогнозных построениях метаморфизма следует избегать совмещения данных по углям, значительно отличающимся по генетическим типам. Одним из способов предотвращения искажающего влияния типа на показатели метаморфизма является приведение к показателям среднего (эталонного) типа восстановления.

Дисперсия значения показателя метаморфизма (σ_z) обусловлена условиями опробования, погрешностью лабораторного анализа и не всегда поддающимся учету генетическими факторами. Она усложняет точную оценку метаморфизма на основе единичного какого-либо параметра. Эффективность применения каждого из них меняется также в зависимости от величины градиента, которая зависит от сущности каждого параметра и от степени метаморфизма угля. Это предопределяет рациональную область применения отдельных показателей для дифференциации углей по степени метаморфизма. На эталонной шкале для каждого показателя она выделена утолщенной линией (лист 7 комплекта описываемых карт).

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА УГЛЕЙ ДОНБАССА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАМОРФИЗМА И СТЕПЕНИ ВОССТАНОВЛЕННОСТИ

В результате анализа основных параметров качества клареновых углей с точки зрения определения степени метаморфизма угля

и направленности функций параметров в системе координат метаморфизм-восстановленность выведены оптимальные пары показателей /II4/.

В непрерывном ряду метаморфизма целесообразной и достаточной парой показателей качества для определения степени метаморфизма с учетом степени восстановления оказался показатель отражения витринита в масле (R_{max}) и содержание углерода (C^0). Однако единый сквозной показатель метаморфизма (по чувствительности) по способности дифференцировать угли в каждом частном диапазоне метаморфизма уступает значительно другим частным показателям и, особенно, сочетанию двух (или более) соответствующим образом подобранных показателей. При подборе таких рациональных пар следует учитывать не только дисперсию (техническую и природную) каждого из них, но и направление их изолиний на генетическом классификационном графике в системе координат метаморфизм-восстановленность.

Наибольший эффект дает использование параметров парами, изолинии которых пересекаются под большим углом, желателен близким к прямому. Пересечение этих изолиний одновременно определяет для каждой исследованной пробы как степень метаморфизма, так и тип по восстановленности /II4/.

В малометаморфизованных углях (ОБ, ЦГ, 2Г, 3Г) степень метаморфизма с довольно высокой надежностью определяется следующим ряд пар: R_0 и C^0 , R_0 и W_{max} , R_0 и $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$, C^0 и $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$, а в группах 2Г и 3Г также Y и $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$, W_{max} и $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$. Использование показателей аналитической влаги (W^0) и удельного веса органической массы (d_{daf}^0) нецелесообразно в связи с их неустойчивостью в величине погрешностей при определении метаморфизма.

В своеобразной зоне жирных углей многие показатели претерпевают инверсию: происходит так называемый "скачок" углефикации. Здесь для однозначного определения степени метаморфизма и типа углей по восстановленности, кроме традиционных $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$ и Y , можно использовать такие пары: R_0 и $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$, C^0 и Y , $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$ и C^0 , а также R_0 и C^0 .

В зоне коксующихся углей после "скачка" углефикации (5К, 6С) подходящими парами для характеристики метаморфизма клареновых углей являются C^0 и $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$, R_0 и C^0 . Широко используемое сочетание показателей Y и $\sqrt{d_{\text{daf}}^0}$ в зонах 5К и 6С является не лучшим вариантом в связи с однонаправленностью изменения их функций в координатах восстановление-метаморфизм. Недостаток этот в какой-то мере компенсируется их высокой чувствительностью.

В последнее время для разграничения спекающихся и неспекающихся углей используют показатель спекаемости -индекс Роча - JR (приложение I), который хорошо коррелируется с u , более чувствителен и для его определения требуется маленькая навеска пробы угля.

Область высокометаморфизованных углей по комплексу пар целесообразно поделить на три зоны: полуантрацитовую, антрацитовую и суперантрацитовую. В области переходной в полуантрациты (7Т, 8ПА, 9ПА) целесообразно использовать пары R_d с C^d , C^s с V_{of}^{dat} , допустимо использование d_1^d и Q_{of}^{dat} с C^s . В группах IOA₁ и IIA₁ хорошо использовать традиционные показатели метаморфизма антрацитовой области: R_d , V_{of}^{dat} , lgr , d_1^d . Показатель анизотропии отражения, рекомендованный рядом исследователей [19], требует дальнейшей проверки.

Что касается зоны суперантрацитов I2-I5A₂, то одни из традиционных показателей (R_d , C^s , V_{of}^{dat} и др.) здесь практически стабилизируются, а другие (lgr , V_{of}^{dat}) изменяются гораздо медленнее, с меньшим градиентом. Но все исследователи соглашаются, что изменение удельного веса органического вещества (d_1^d) приобретает прямолинейный характер еще в зоне полуантрацитов и сохраняет его до перехода в графитоподобное состояние.

РАЗДЕЛЕНИЕ УГЛЕЙ НА СТАДИИ, ГРУППЫ МЕТАМОРФИЗМА

Изменения свойств органического вещества в эталонной шкале углефикации происходят постепенно и непрерывно, без резких скачков. Однако взаимосвязанные количественные превращения приводят к выделению коренных, качественно различных этапов этого процесса (рис. II).

Общепринято выделять три основных стадии изменения углей: бурогоугольную, каменноугольную и антрацитовую. Им соответствуют (по Н.Б.Вассоевичу) три стадии катагенеза - протокатагенез (ПК), мезокатагенез (МК) и апокатагенез (АК). Границы между стадиями в общих чертах ясны. Но их конкретизация еще остается не вполне однозначной в различных странах и в разных бассейнах СССР.

Многие углепетрографы отделяют угли каменные от бурых по значению $\bar{R}_d = 0,50\%$ (ГОСТ 9276-72, ГОСТ 21489-76), технологи - по значению высшей теплоты сгорания беззольного влажного угля $Q_{of}^{st} = 24$ МДж/кг (5700 ккал/кг), по наличию или отсутствию раствораемых в щелочи (KOH) гуминовых кислот и по другим показателям. Вопрос о границе бурых и каменных углей по \bar{R}_d , ГОСТ 25543-88 оо-

ГОСТ 12113-83														Шкала катагенеза (Н.Б.Вассоевич, 1972; Н.В.Лопатин, 1983)				
ГОСТ 21489-76				ГОСТ 25543-82		ГОСТ 25543-88		ДОНЕЦКАЯ ШКАЛА										
Группа стадий метаморфизма	Стадия метаморфизма	Массово	R_d	R_d	Вяз угля	Массово	R_d	Вяз угля	Массово	R_d	$R_{d,max}$	Градиент метаморфизма \bar{R}_d , ед.м.д.м. (979)	Шкала катагенеза (по Н.Б.Вассоевичу, 1972)	Шкала катагенеза (по Н.В.Лопатину, 1983)				
															Бурые угли	Каменные угли	Антрациты	Область
Мягкоугольная	O ₁	02	0.40	6.7	Бурые угли	03	0.40	Бурые угли	03	0.40	0.40	Об	Протокатагенез	ПН ₁	0.40			
	O ₂	03	0.50	7.0		04	0.50		04	0.60	0.60					1Д	ПН ₂	0.53
	I	10	0.65	7.7		06	0.65		06	0.75	0.75					2Г	МН ₁	0.65
	I-II	11	0.75	8.0		07	0.75		07	0.80	0.80					3Г	МН ₂	0.85
	II	12	0.85	8.3		08	0.85		08	1.00	1.00					4Н	МН ₃	1.20
	II-III	13	1.00	8.7		09	1.00		09	1.15	1.15					5Н	МН ₄	1.55
	III	14	1.15	9.1		11	1.15		11	1.30	1.30					6OC	МН ₅	2.05
	III-IV	15	1.30	9.4		12	1.30		12	1.50	1.50					7Т	АН ₁	2.90
	IV	16	1.50	9.8		13	1.50		13	1.80	1.80					8ПА	АН ₂	3.50
	IV-V	17	1.75	10.3		14	1.80		14	2.00	2.00					9ПА	АН ₃	4.00
Антрацитовая	V	18	2.00	10.8	Каменные угли	15	2.00	Антрациты	15	2.00	2.00	А	Апокатагенез	АН ₄	4.00			
	VI	19	2.50	11.7		16	2.50		16	2.75	2.75					10A ₁	12A ₁	7.5
	VII-VIII	21	3.40	13.0		17	2.75		17	3.00	3.00					11A ₁	13A ₁	8.0
	VIII-IX	22	4.40	13.8		18	3.00		18	3.25	3.25					12A ₂	14A ₁	8.5
						19	3.60		19	3.50	3.50					14A ₂	15A ₁	9.0
	IX	23	5.50	15.0		20	4.00		20	4.25	4.25					15A ₂	16A ₁	9.5
						21	4.50		21	4.75	4.75					16A ₂	17A ₁	10.0
	X	24	5.50	16.0		22	5.00		22	5.80	5.80					17A ₂	18A ₁	10.5
						23	5.50		23	6.00	6.00					18A ₂	19A ₁	11.0

Рис. 11. Сопоставление основных вариантов разделения углей на стадии, группы (градации) метаморфизма и классы по показателю отражения витринита

гавляет открытым в пределах значений R_1 от 0,40 до 0,60% и только по значению $Q_1^d = 24$ МДж определяет однозначно критерий разделения углей на бурые и каменные. В донецкой шкале границей бурых и каменных углей приняты $R_1 = 0,40\%$, $Q_1^d = 24$ МДж, $W_{\text{пол}} = 18-20\%$, т.е. угли бурые 0₃ шкалы ГОСТА 21489-76 отнесены к каменным. Более низкие значения показателей для разделения бурых и каменных углей в донецкой шкале приняты потому, что угли со значениями $R_1 = 0,41-0,50\%$, широко разрабатываемые на юго-западной окраине бассейна (Трудовские и Кураховские шахты), по технологическим свойствам (прочности, взрываемости, теплоте сгорания, транспортабельности) отвечают требованиям к углям каменным и традиционно используются как эталон углей марки Д.

Границы между стадиями каменных углей и антрацитами в донецкой классификации и в ГОСТа 25543-88 практически совпадают. По R_1 она равна соответственно 2,50 и 2,40%, по v^{400} - 9%. Вся гамма каменных углей и антрацитов по ГОСТу 25543-88 подразделяется на 45 классов, а в донецкой классификации на 15 групп. Однако при большем количестве градаций принцип выделения, смысл и объем классов и групп существенно различен. Классы в ГОСТа 25543-88 выделены исключительно только по значению R_1 , изменения других физических, химических и технологических свойств реально во внимание не принимаются, не учитывается влияние генетического типа на R_1 . Поэтому классы по отражательной способности лишь в грубом приближении можно рассматривать как подразделения шкалы метаморфизма. К тому же принятые стандартные классы для каменных углей очень дробны, они сопоставимы с погрешностью определения. Очень слабо дифференцированы антрациты. Классы "более 45" искусственно объединяют почти все антрациты средних и высших групп метаморфизма.

В работах донецких геологов и углехимиков со времен первой геолого-углехимической карты широко применяется равномерное разделение всех каменных углей и антрацитов на 15 групп 23,24%. При расчленении на группы (градации) метаморфизма учитывались два принципа: 1 - каждая группа объединяет угли, представляющие некоторые технологические особенности в ряде метаморфизма, 2 - группы метаморфизма имеют примерно равные по ширине зоны распространения в бассейнах (порядка 350-500 м).

В каменных углях преобладало первое положение. Выделено семь групп: 1Г, 2Г, 3Г, 4Г, 5Г, 6Г, 7Г. В первом грубом приближении каждая группа отвечает определенной технологической марке

угля. Исключение составляет широкая зона газовых углей, которую пришлось разделить на две: 2Г с углями преимущественно марки Г₆ и 3Г с углями марок Г₁₁ и Г₁₂.

В области антрацитов выделено восемь групп метаморфизма. При этом ведущим принципом была не дифференциация по технологическим особенностям, а стремление к сохранению ширины зон распространения групп. Сохранение для приемственности такого дробного деления антрацитов по степени метаморфизма будет способствовать решению некоторых горно-геологических и технологических задач. При более детальном анализе путей использования антрацитов для нетопливных целей дробное разделение их по степени метаморфизма возможно окажется весьма целесообразным. В настоящее время бесспорно следует выделять и картировать три зоны: 1 - зону полуантрацитов, охватывающую распространение групп 8ПА и 9ПА с углями термически нестойкими и очень газоносными, 2 - зону антрацитов средней степени метаморфизма (10-11А₁), в которой метаносность достигает экстремальных значений и затем резко снижается, 3 - зону суперантрацитов (12А₂, 13А₂, 14А₂, 15А₂), практически не газоносных.

Таким образом, исходя из запросов геологической практики, на обзорных картах метаморфизма показаны в первую очередь границы зон распространения групп метаморфизма по донецкой шкале. В то же время для сопоставления с другими бассейнами СССР и постепенного перехода на новые принципы классификации на картах показаны изореспланды, приведенные к среднему генетическому типу по восстановленности.

Сопоставление донецкой шкалы метаморфизма с марками по ГОСТу 25543-88 показывает, что разделение на марки новой классификации далеко не тождественно с градацией по степени метаморфизма, особенно в области метаморфизма углей от 2Г до 7Г. Марки углей по ГОСТу характеризуются взаимным перекрытием в связи со значительным разнообразием технологических свойств при одинаковой степени метаморфизма, что обусловлено разнотипностью углей по различным генетическим факторам.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ УГЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ МЕТАМОРФИЗМА НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ДОНБАССА ПО ДАННЫМ ПОГОРИЗОНТНЫХ КАРТ-СРЕЗОВ

Комплект карт метаморфизма углей Донбасса масштаба 1:500 000 в целом состоит из карты метаморфизма карбоновых углей на палеозойской поверхности, трех карт метаморфизма углей на горизонтах -400, -1000 и -1600 м и карты зон метаморфизма в угольных пластах σ_6 и k_5 , как типовых для нижнего и среднего карбона.

Границы зон метаморфизма на этих картах установлены по комплексу показателей донецкой шкалы с выделением соответствующих групп метаморфизма, показаны также классы по показателю отражения витринита, разграниченные изореофендами R_v . На описываемых картах границы марок приближаются к границам зон метаморфизма и соответствуют следующим значениям изолиний равного метаморфизма по величине показателя отражения витринита R_v между: σ_6 и I_1 - 0,40, I_1 и $2-3Г$ - 0,60, $2-3Г$ и $4К$ - 1,0, $4К$ и $5К$ - 1,20, $5К$ и $6С$ - 1,50, $6С$ и $7Т$ - 1,90, $7Т$ и $8-9П$ - 2,50, $10-11А_1$ и $12-15А_2$ - 5,30.

Как известно, возрастание степени метаморфизма карбоновых углей на поверхности палеозойских отложений и срезах происходит с запад-северо-запада на восток-юго-восток. В этом же направлении происходит смена марок углей от бурых (σ_6) до суперантрацитов ($12-15А_2$). При сопоставлении погоризонтных карт наблюдается такая же последовательная смена марок на каждом срезе. В то же время на более глубоком срезе в сопоставлении с вышележащим линией равного метаморфизма постепенно смещаются в северо-северо-западном направлении, а также к осям антиклинальных структур от донных частей синклинальных.

В целом по Донецкому бассейну с увеличением глубин на погоризонтных срезах смещение одноименных зон метаморфизма сопровождается некоторым смещением площадей развития угленосных продуктивных толщ, что связано с расширением области распространения непродуктивных нижних свит. Уже на горизонте -1000 м промышленно-угленосные площади Западного, Южного и Северного Донбасса сокращаются вдвое, а на горизонте -1600 м в четыре раза; Петриковский район на горизонте -1600 м отличается почти полным отсутствием толщ каменноугольных отложений.

На площадях Донецкого складчатого сооружения наблюдаются следующие изменения: в зонах юго-западного склона Кальмиус-Торецкой котловины (Красноармейский геолого-промышленный район), юго-восточного крыла упомянутой котловины (Донецко-Макеевский район), Главной антиклинали (Центральный район), северной зоны мелкой складчатости и восточного крыла Бахмутской котловины (Селянзевский, Алчазно-Марьевский, Лисичанский районы и Ворошиловградский р-н) соотношения площадей развития продуктивных толщ остаются почти стабильными на всех погоризонтных срезах, только эти площади смещаются в направлении к донным частям котловины. В остальных районах Донецкого складчатого сооружения с глубиной происходит сокращение, иногда значительное, площадей развития продуктивной толщи (Торезско-Снежнянский, Белокалитвенский, Должанско-Ровенский, Краснодонский) и практически во всех районах Восточного Донбасса, в связи с развитием на глубоких горизонтах малопродуктивных башкирских отложений.

В противовес этому преобладающая часть Михайловско-Голубовского района Западного Донбасса до отметки -400...-600 м перекрывает мезо-кайнозойскими отложениями, на карте горизонта -1000 м вскрывается половина его площади с развитием продуктивных каменноугольных отложений, а на карте горизонта -1600 м площадь развития угленосных отложений увеличивается в два раза.

Согласно описываемых карт в Западном Донбассе с глубиной расширяются площади развития углей марки Г за счет уменьшения площадей с углями марки Д. В юго-восточной части Петропавловского района в свите C_1^3 на глубинах более 1000 м появляются угли марок ГЖ и Б, а на горизонте -1600 м - марки К. К сожалению, на этих глубинах происходит существенное снижение угленосности указанной свиты.

В Южном Донбассе уже на горизонте -1000 м появляются угли марок ГЖ и Ж, а на -1600 м - угли марки К, отсутствующие на уровне современного эрозионного среза угольных пластов.

В Донецко-Макеевском и Центральном районах с переходом на глубины свыше 1000 м соотношение площадей распространения кокующихся и энергетических углей в целом соответствует приповерхностному уровню. При этом уменьшается площадь с углями марки Д на западе Донецко-Макеевского района и увеличивается площадь с углями марок Т-А на востоке.

На Дружковско-Константиновской антиклинали на срезе -1000 м появляются угли марки Ж, а на -1600 м - марки СС, отсутствующих на малых глубинах.

В Торезско-Снежнянском районе с переходом на глубокие горизонты в целом сокращаются площади развития антрацитов вследствие того, как уже указывалось, что на срезе -1000 м в строении Снежинской синклинали преобладают нижнебашкирские слабоугленосные отложения при резком сокращении площадей высокопродуктивных свит московского яруса. Угольные пласты по отметке -1600 м относятся в основном к суперантрацитам.

На площадях Ворошиловградской области соотношение площадей углей марок Д и Г на всех горизонтах остаются примерно те же, что и на приповерхностном уровне, кроме Северного Донбасса, где площадь их распространения уменьшается. С глубиной несколько расширяются площади с коксующимися углями в Лисичанском районе. В других районах намечается их незначительное сокращение лишь с горизонта -1000 м, а с горизонта -1600 м площади их уже сокращаются в 2 раза. На юге расширяются площади развития антрацитов и суперантрацитов, но на этих глубинах преобладают слабоугленосные башкирские отложения.

В Восточном Донбассе угли коксующихся марок развиты в Белокалитвенском, Тапиномском, Каменско-Гундоровском районах, т.е. в зоне северной мелкой складчатости. В Белокалитвенском и Тапиномском районах с глубиной происходит сокращение площадей развития коксующихся углей за счет смещения их тощими углями вплоть до полного исчезновения на отметках немногим ниже -1600 м. Расширяются площади с углями коксующихся марок с глубиной в Каменско-Гундоровском районе за счет уменьшения площади газовых углей. Увеличиваются площади развития суперантрацитов за счет антрацитов. К сожалению, с глубиной оказываются более развитыми непродуктивные толщи карбона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплект карт метаморфизма углей Донецкого бассейна отражает общую картину изменения органического вещества в трехмерном пространстве. С этой целью построены карты метаморфизма карбоновых углей на эрозионной поверхности палеозоя и на погоризонтных срезах, карты зон метаморфизма в типовых пластах C_6 (в нижнем карбоне) и K_5 (в московском ярусе) в масштабе 1:500 000. В комплект графики включены также три профиля по линиям вскрытия бассейна в масштабе 1:200 000.

Горизонт -400 м (от земной поверхности около 600 м) отражает уровень разработок большинства шахт и поэтому наиболее насыщен фактической информацией; горизонт -1000 м (глубина от поверхности около 1200 м) приурочен к осваиваемым площадям наиболее глубоких шахт, хорошо разведан и отвечает актуальнейшим запросам современной разведочной практики; горизонт -1600 м (1800 м от поверхности) показывает прогноз перспектив на глубинах, которые принято считать предельными для освоения угольной промышленностью. Именно эти три рубежа по глубинам залегания приняты 27 Международным геологическим конгрессом при подсчетах запасов угля. Сопоставление карт всех погоризонтных срезов выявляет закономерности изменения метаморфизма с глубиной.

Классификация углей произведена по донецкой шкале метаморфизма, основы которой были заложены в 1954 г. при построении Гельгого-углехимической карты Донбасса /24/. Генетическая классификационная диаграмма усовершенствована в 1965, 1972 и 1986, 1988 гг. и широко применяется как шкала ДонУГИ - лист "Артем-геология" /37/. В новом варианте генетической классификационной диаграммы, приложенной к комплекту карт, уточнены коренные положения оценки метаморфизма и типа по восстановленности в области углей Д-Г-Ж.

В настоящее время дополнен рациональный комплекс учитываемых показателей, в т.ч. введен показатель отражения витринита. Определены пределы колебаний основных показателей по группам метаморфизма и типам по восстановленности. Показаны пути эффективного использования диаграммы не только для классификации клареновых углей среднего карбона, но и для дюрено-клареновых углей нижнего карбона. На прилагаемой к комплекту карт современной классификационной диаграмме кроме зон метаморфизма по донецкой шкале и типов углей по восстановленности оконтурены также марки, группы и подгруппы углей по ГОСТу 25543-88.

Классификационная диаграмма дает возможность определять степень метаморфизма углей в виде, очищенном от искажающего влияния разнотипности углей. Благодаря этому появляется возможность более четкой геометризации зон метаморфизма. С этой целью все значения классификационных показателей по диаграмме приведены к среднему (эталонному) генетическому типу "б".

Рассмотрены особенности использования показателя отражения витринита для оценки метаморфизма углей и картирования зон его гредации (классов) по ГОСТу 25543-88. Показан разнотип ореди

применявшихся до последних лет методик и необходимость строгой регламентации и унификации способов подготовки проб, замеров и обработки данных по показателю отражения витринита. Мы считаем, что для геолого-углехимических построений следует использовать

R_{max} , как более чувствительный показатель с большим градиентом изменений в разрезе. Для технологических исследований и промышленной классификации, когда решающее значение приобретает усреднение, более широко следует (как уже общепринято) использовать среднее значение $R_{\text{с}}$. Для реального использования материалов прошлых лет в работе приведены формулы и графики перехода значений ранее выполненных замеров в воздушной среде ($R_{\text{в}}$) на более стабильные значения замеров в иммерсионном масле ($R_{\text{м}}$) по ныне действующему стандарту; произведен также подсчет ранее принимавшегося среднего арифметического

$$(R_{\text{с}} = \frac{R_{\text{сmax}} + R_{\text{сmin}}}{2})$$

объемный ($R_{\text{с}} = \frac{1}{2}R_{\text{сmax}} + \frac{1}{2}R_{\text{сmin}}$) в соответствии с

ГОСТом II2II3-67. Для построения изореспленд на картах и разрезах используются также расчетные величины $R_{\text{с}}$, полученные с помощью корреляционных уравнений его связи с традиционными углехимическими показателями.

На основе системной обработки данных по 120 глубоким скважинам построены сводные графики изменения химических, физических и технологических свойств углей в условиях юго-запада Донецкого бассейна и Восточного Донбасса, которые приняты в качестве эталона для каменных углей и антрацитов (в обработку включены только скважины, вскрывшие ненарушенные породы при пологом падении под углом 0-15° и геотермическом градиенте 2,4-2,8°С на 100 м).

Достоверность выявленных количественных изменений всех показателей с увеличением глубины в эталонном разрезе хорошо подтверждена данными трех опорных скважин глубиной 2-3 км (Очеретинской, Макеевской и Чистяковской) в диапазоне метаморфизма от длиннопламенных углей до суперантрацитов. Указанные графики прилагаются к комплексу карт. На основе сводных графиков изменения химических, физических и технологических свойств клареновых углей создана эталонная шкала метаморфизма углей Донбасса. Ее основой является линейная шкала условной глубины погружения. Она показывает как в вертикальном разрезе взаимосвязанно изменяются все классификационные параметры по мере увеличения глубины погружения.

Эталонная шкала метаморфизма позволит: 1 - оценить степень метаморфизма углей по любому комплексу имеющихся в наличии показателей, 2 - оценить степень взаимной связи ряда параметров метаморфизма угля, 3 - сравнить погрешность определения метаморфизма по любому показателю путем приведения к общему масштабу глубин погружения.

Эталонная шкала явилась основой для совершенствования современной классификационной диаграммы и оказалась простым и удобным средством прогнозирования степени метаморфизма на неразведанных площадях и глубинах, а также эффективно использована авторами при построении карт и разрезов.

Показатель отражения витринита представляет собой удобный сквозной показатель метаморфизма для углей от длиннопламенных до антрацитов. Однако на каждой конкретной стадии он по чувствительности, точности и надежности уступает некоторым другим частным показателям. В области длиннопламенных и газочных углей наиболее эффективными показателями метаморфизма являются W_{max} , $C_{\text{д}}$, спекаемость и отчасти $R_{\text{с}}$. Для ГГ, X, K, CC лучшими являются $V_{\text{д}}$, $C_{\text{д}}$, $R_{\text{с}}$, особенно при использовании у для приведения значений показателей к среднему (эталонному) типу по восстановленности. Разграничение углей CC и T рекомендуется по $V_{\text{д}}$, у, JR и $R_{\text{с}}$. Дифференциация углей тощих и полуантрацитов производится по $V_{\text{д}}$, $V_{\text{д}}$, $I_{\text{гр}}$ и $R_{\text{с}}$. Для антрацитов рекомендуется использовать $V_{\text{д}}$, $I_{\text{гр}}$, $d_1(K_{\text{д}})$, $R_{\text{с}}$.

Составленные карты метаморфизма отражают три закономерности: 1 - степень метаморфизма углей увеличивается от стратиграфически более высоких горизонтов к более низким - правило Хальта, 1973 /125/; 2 - увеличение степени метаморфизма в каждом пласте в плане происходит непрерывно параллельно увеличению мощности каменноугольных отложений - правило В.О.Погребинского, 1937 /94/; 3 - степень метаморфизма угля в одном и том же пласте при прочих равных условиях увеличивается с увеличением современной глубины залегания.

Первые две закономерности отражают связь степени метаморфизма углей с глубиной доживерсионного погружения и являются общепризнанными. Третье правило - увеличение метаморфизма с современной глубиной залегания пласта, установленное работами объединения "Донбассгеология" во главе с Левенштейном М.Д. /55, 56, 57, 60/, еще не является общепризнанным. Данные, полученные в 1985г.

в результате исследования трех опорных скважин (К-900, Ш-1027, С-1379) глубиной 2-3 км /130/, убедительно подтвердили закономерное увеличение метаморфизма с глубиной в современном структурном плане. Выполненные геолого-углехимические построения также позволили подтвердить этот тезис.

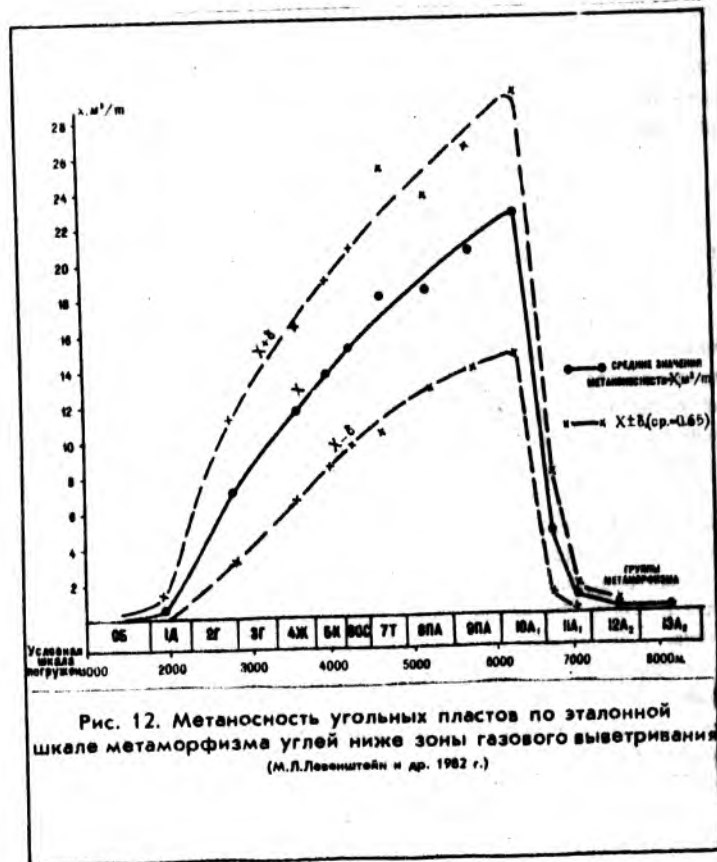
Основной особенностью регионального метаморфизма является его постепенное изменение в плане, что делает проявление регионального метаморфизма в пределах небольших участков малозаметным. Однако однонаправленное с метаморфизмом в угольных пластах увеличение мощности осадков на обширной территории делает проявление региональной составляющей решающим в определении уровня метаморфизма углей каждого отдельного района.

Таким образом, особенности изменения степени метаморфизма углей каждого района в едином общеконтинентальном плане определяются комплексом различных локальных факторов: направлением и темпом изменения мощности угленосных отложений, соотношением простирающихся пород и зон мощности отложений, углами падения пород, развитием отложений определенного стратиграфического интервала, современной глубиной залегания.

В Донецком бассейне основным является региональный геотермический метаморфизм. Проявления магмотермального метаморфизма здесь очень редки. Наиболее крупная аномалия, вызванная интрузиями пород среднего состава, изучена в Южном Донбассе, где на общем поле углей Г, Ж, К вблизи пос. Бленовка на площади около 50 км² угли метаморфизованы до стадии антрацитов. Изменения углей на контактах с дайками и силлами имеют крайне ограниченное распространение. Они отмечены только вдоль южной окраины бассейна в Южном Донбассе, Амвросиевском, Миусском и Шахтинском районах.

В обрамлении Каменской (Северодонецкой) астроблемы можно ожидать наличие узкой высокометаморфизованной каймы. К сожалению, достоверная информация пока еще отсутствует. Однако, установленные Мовшович А.К. и Мильвоким в 1975 г. здесь высокотемпературные стекла - импактные расплавы подтверждают предположение о наличии зоны ударного метаморфизма вокруг метеоритного кратера / 14 /.

Сопоставление карт метаморфизма на разных уровнях среза показывает последовательное увеличение метаморфизма с увеличением глубины среза. Зоны более высокого метаморфизма на более глубоких горизонтах смещаются (расширяются в центральных частях круп-



ных синклиналей). Анализ карт метаморфизма в целом по Донецкому бассейну показал, что с глубиной в старых районах имеет место некоторое сокращение площади развития наиболее ценных углей К, К, ОС. Лишь в Красноармейском и Южно-Донбасском районах наблюдается на глубоких горизонтах расширение площадей углей марок К, К, ОС. Увеличение площадей антрацитов с глубиной в восточных районах сопровождается снижением угленосности в связи с развитием здесь слабоугленосных нижних свит среднего карбона. С глубиной расширяются площади распространения длиннопламенных и газовых углей в западной половине Западного Донбасса, в Новомосковском и Петриковском районах и особенно в Михайловско-Голубовском районе.

Составленные карты метаморфизма углей обеспечивают прогноз степени метаморфизма углей на глубоких горизонтах бассейна и на площадях со слабоизученной или неизученной угленосностью. Это позволяет определять перспективные направления поисковых работ на угли наиболее ценных марок - коксующихся и антрацитов.

Эталонная шкала, как личная генетическая мера степени метаморфизма, позволяет в ясном виде вычлнить влияние конкретных термодинамических условий преобразования (катагенеза) угленосной толщи на разнообразные свойства углей и вмещающих пород. Именно поэтому эталонная шкала весьма эффективна как основа для анализа горно-геологических условий, которые существенно связаны с физико-химическими параметрами, обусловленными превращением пород и углей в ходе ката- и метагенеза. Это относится в первую очередь к физико-механическим свойствам углей и пород, технологическим особенностям углей, метаносности, выбросоопасности углей и пород. Примером могут служить исследования М.Д. Левенштейна, Г.Б. Яновской и др., выявившие количественные связи метаносности углей с метаморфизмом, которые пригодны для ориентировочного прогнозирования /69/. На основе диаграммы связи метаносности с метаморфизмом (рис. 12) на каждом погоризонтном срезе нетрудно отстроить прогнозную карту газоносности, проводя линии изогаз параллельно изоградам.

Проведенные исследования выбросоопасности углей в увязке с эталонной шкалой и классификационной диаграммой показали возможность выделения области заведомо невбросоопасных углей в зоне распространения групп метаморфизма ИД, 2Г и до 3.5Г /15, 70/. Прежний принятый в инструкциях критерий разделения заведомо невбросоопасных и потенциально опасных пластов только по значению

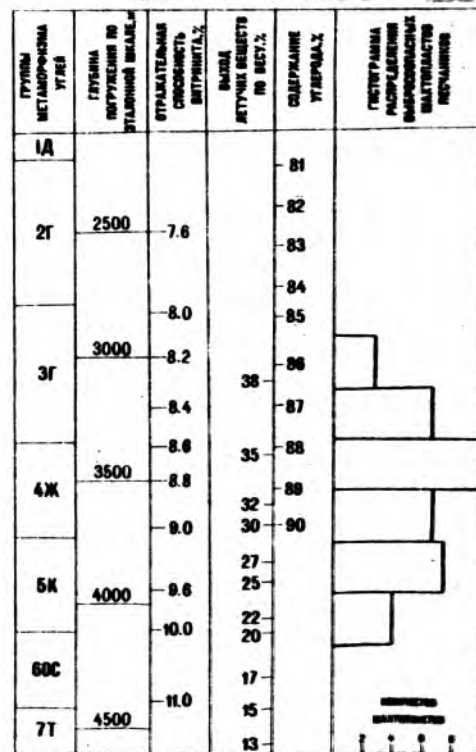


Рис. 13. Гистограмма распределения выбросоопасных песчанников Донецкого бассейна по метаморфизму углей

Составил В.С. Вернад, Я.Ф. Мельник, М.Д. Левенштейн, О.И. Стерляк

$V^{III} = 35\%$ без учета типа, оказался несостоятельным. Он нечетко дифференцирует угли низкой степени метаморфизма, что приводило иногда к ошибочным прогнозам и снижало их надежность. С другой стороны, предложенный ИГТМ более высокий критерий по $V^{III} - 38,5\%$ требовал значительного расширения специальных исследований при разведке.

На основе эталонной шкалы оказалось возможным изучить распределение выбросов песчаников на донецких шахтах. Установлено, что все выбросы песчаников приурочены к интервалу от ЗГ до начала 60С (рис.13). В зонах распространения углей ID, 2Г, а также выше 60С выбросов песчаников и газа не отмечено /15/. Между тем, в действующих инструкциях потенциально выбросоопасными необоснованно считаются также песчаники в области ID и 2Г, что вызвало затраты на изучение заведомо невыбросоопасных зон. Причина ошибки опять же кроется в использовании V^{III} как единственного показателя метаморфизма, что ввиду большой его дисперсии в области Д-Г недопустимо. По приведенным связям очень просто можно построить на погоризонтных срезах прогнозные карты потенциальной выбросоопасности углей, пород и газа.

Показанные на картах-врезках отдельных структурных планов угольных пластов σ_6^I и k , соотношения зон метаморфизма и марочного состава углей по ГОСТ 25543-88 показывает их совпадение лишь в общих чертах, что достаточно для площадей с неизученной угленосностью. На детально изученных территориях количество выделяемых марок в пределах одной группы метаморфизма зависят от степени разнообразия генетических типов углей по восстановленности и может достигать в отдельных случаях трех-пяти марок.

Частые изменения граничных значений ряда параметров марочного состава углей, наблюдаемых в последнее время в процессе совершенствования классификационных ГОСТов, подтверждают целесообразность выделения в качестве геологической меры изменения органического вещества отдельной шкалы метаморфизма и необходимости на ее основе дальнейшего совершенствования классификации углей.

ЛИТЕРАТУРА

Опубликованная

1. Аммосов И.И. О метаморфизме углей Прокопьевско-Киселевского месторождения Кузбасса. - Изв.АН СССР, серия геол. Г41, № 6.
2. Аммосов И.И. Влияние геологических факторов на свойства углей. - Тр. ин-та горнч.ископ.АН СССР, 1948.
3. Аммосов И.И. Геологические факторы и свойства ископаемых углей. - Тр.ИГТМ АН СССР, 1954, в.3.
4. Аммосов И.И. Стадии изменения осадочных пород и парагенетические отношения горючих ископаемых. - Советская геология, 1961, № 4.
5. Аммосов И.И., Муоля С.А. Отракательная способность как одна из главных особенностей ископаемых углей. - Докл.АН СССР, 1952, т.84, № 6.
6. Аммосов И.И., Тан Сю-и. Стадии изменения углей и парагенетические отношения горючих ископаемых. М., АН СССР, 1961.
7. Аммосов И.И., Бремни И.В., Калмыков Г.С. Шкала антрацитификации. - В кн.: Проблемы геологии нефти. М., 1971, вып.2.
8. Аммосов И.И., Тан Сю-и. Стадии изменения углей и парагенетические отношения горючих ископаемых. М., АН СССР, 1961.
9. Балуховский Н.Ф. Метаморфизм углей Донбасса и правило Уайта. - В кн.: Большой Донбасс. М.-Д., Госгеолтехиздат, 1941.
10. Балуховский Н.Ф. Факторы метаморфизма в Донецкой геосинклинали. - Докл.АН УССР, 1956, № II.
11. Белоконь В.Г. Метаморфический ряд донецких углей в классификационной диаграмме Н.М.Каравая (по поводу статьи М.М.Лифшиц). - Геол.журнал, 1972, № 6.
12. Белоконь В.Г., Вирвич Г.П., Иниосов Г.И. и др. Донецкий каменноугольный бассейн. Петрография палеозойских углей СССР. М., Недра, 1975.
13. Бердцова М.Л., Иннослова К.И., Ищенко А.И. и др. Атлас углей нижнего карбона Донецкого бассейна. М., Наука, 1964.

14. Бланк М.Я., Вальтер А.А. Об особенностях генезиса и возраста Каменной астроблемы (Северо-Восточный Донбасс). - Геол. журн., т.43, 1983, № 5.

15. Вереда В.С., Канана Я.Ф., Левенштейн М.Д. Связь выбросоопасности песчаников с эпигенезом угленосных отложений. - Уголь, 1983, № 2.

16. Видавский В.В., Рябоконова Н.Я. Органическая масса донецких углей в связи с их коксуетемостью. Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. Харьков - М., Укргостехиздат, 1941.

17. Вырвич Г.П. Петрографические типы антрацитов Донецкого бассейна и некоторые закономерности распределения их на площади и в стратиграфическом разрезе. - Автореф. канд. дисс. Л., 1973.

18. Вышемирский В.С. Геологические условия метаморфизма углей и нефтей. Саратов, 1963.

19. Вольпова Л.С., Вырвич Г.П., Бремьян И.В. и др. Определение генетического типа антрацитов по показателю анизотропии отражения витринита. - Химия твердого топлива, 1983, № 3.

20. Вопросы метаморфизма и эпигенеза вмещающих пород. Под ред. Иванова Г.А. Л., Наука, 1968.

21. Гаврилова О.И. Химическая характеристика витринов и фазенов метаморфического ряда углей Донбасса. - Тр. и та горч. ископ. АН СССР. Автореф. канд. дисс. Изд.-во АН СССР, 1960.

22. Геология месторождений угля и горячих сланцев СССР, т. I. М., Госгеолтехиздат, 1963.

23. Геолого-химическая карта Донецкого бассейна. Укргостехиздат, 1941, вып. У.

24. Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. М., Углетехиздат, 1954, вып. УШ.

25. Голицын М.В. К вопросу о метаморфизме углей Прануринского месторождения. - Тр. химико-металлургического института АН Каз. ССР. Алма-Ата, 1963.

26. Голицын М.В. Метаморфизм и прогноз качества палеозойских углей Большой Караганды. - Сов. геология, 1966, № 4.

27. Голицын М.В. Карагандинский бассейн. - В сб. Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород. М., Недра, 1975.

28. Григорьев М.Ю. К вопросу о сушности процесса метаморфизма ископаемых углей. - Тр. лаборатории геологии угля АН СССР. Изд.-во АН СССР, 1956.

29. Двужильная Н.М. Новые классификационные показатели слабоопаляющихся и неоплающихся углей высокой степени метаморфизма. - В кн.: Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна, вып. УШ. М., Углетехиздат, 1954.

30. Двужильная Н.М. Угли Донецкого бассейна в системе международной классификации. - В кн.: Исследование и классификация углей. Углетехиздат, 1959 (Тр. ДонУТИ, об. 18).

31. Двужильная Н.М., Вырвич Т.П. Отражательная способность каменных углей различных бассейнов СССР как показатель степени метаморфизма. - В кн.: Исследования, использование и стандартизация углей. М., Недра, 1965.

32. Добронравов В.Ф. Изменение отражательной способности витринитов в частично поляризованном свете. Химия твердого топлива, 1975, № 4.

33. Добронравов В.Ф. Об оценке стадии метаморфизма углей по отражательной способности витринита. Химия твердого топлива, 1975, № 4.

34. Добронравов В.Ф., Романовская М.В. О неоднородности витринитов в углях Кузбасса. - Химия твердого топлива, 1981, № 4.

35. Дубинский А.Я. К вопросу о метаморфизме (геотектонические предпосылки метаморфизма углей). - Геол. журн., 1952, т. ХП, вып. I.

36. Ергольская З.В. Петрографическое строение угля и опекающая способность. - Химия твердого топлива, 1936, вып. 6.

37. Ергольская З.В. Химико-пластометрическое и петрографическое исследование. - Химия твердого топлива, 1937, т. УП, вып. 2.

38. Ергольская З.В. Изменение ископаемых углей в процессе углефикации. - Тр. ХУП сессии Междунар. геол. конгр. ГОНТИ, 1939, т. I.

39. Бремьян И.В. Расчет шихт для коксования на основе петрографических особенностей угля. - Коко и химия, 1957, № 12.

40. Бремьян И.В. Прогноз коксуетемости углей на основе петрографических исследований. - В кн.: Петрографические особенности и свойства углей. М., 1963.

41. Бремьян И.В. Значение петрологических исследований для характеристики технологических свойств ископаемых углей. - В сб.: Петрол. палеоз. углей СССР. М., Недра, 1975.

42. Бремен И.В., Цикарев Л.А., Броновиц Г.М. Петролого-генетическая классификация и коксуемость углей. - Химия твердого топлива. 1962, № 3.

43. Бршов В.З. Геологическое строение Донецкого бассейна по новым данным. - В кн.: Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. Углетехиздат, 1954, вып.УШ.

44. Жемчужников Ю.А. К вопросу об изменении содержания летучих веществ в углях в связи со стратиграфической глубиной (правило Хильта). - Химия твердого топлива, 1933, № 2.

45. Жемчужников Ю.А. Об углефикации и метаморфизме углей. - Изв.АН СССР, серия геол., 1952, № 1.

46. Жемчужников Ю.А. Две стадии в образовании ископаемых углей, их петрографическое выражение. - В кн.: Химия и генезис твердых горючих ископаемых. М., 1953.

47. Жемчужников Ю.А. Об особенностях углей Донецкого бассейна. - Изв.АН СССР, серия геол., 1954, № 5.

48. Запцева Е.И. Применение генетической классификации углей для составления геолого-углехимической карты Донецкого бассейна. - В кн.: Химия и генезис твердых горючих ископаемых. - Труды I Всесоюз. совещ. Изд-во АН СССР, 1959.

49. Запцева Е.И. Общая закономерность развития метаморфизма на площади и в угленосной толще Донецкого бассейна. - В кн.: Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. Углетехиздат, 1954, вып.УШ.

50. Зильберштейн М.И., Зимakov Б.М., Флегонтов А.К. Особенности и механизм формирования газоносности интракратовых месторождений Донбасса. - Геол. строение и разведка полезн. ископаем. Ростовской обл. Ростов-на-Дону, 1979.

51. Иванов Г.А. Закономерности строения, образования и изменения угленосных отложений (формаций). Автореф. докт. дисс.). Л., 1957.

52. Иванов Г.А. Основные понятия и определение видов и стадий метаморфизма углей и эпигенеза вмещающих пород. - В об.: Вопросы метаморфизма и эпигенеза вмещающих пород. Л., Наука, 1968.

53. Иванов Г.А. Сравнение различных видов метаморфизма углей и определяющих их факторов. - В об.: Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород. М., Недра, 1975.

54. Кривега Т.А., Шареева Л.Н. Влияние вещественного состава и метаморфизма на качество углей Западного Донбасса. Химия твердого топлива, 1973, № 5.

55. Левенштейн М.Л. Закономерности метаморфизма углей в Центральном районе Донбасса. - Тезисы докладов на конференции по научно-исследовательским работам ДонУГИ. Донецк, 1958. Изд. ДонУГИ, 1959.

56. Левенштейн М.Л. Закономерности метаморфизма углей Донецкого бассейна. - Советская геология, 1962, № 2.

57. Левенштейн М.Л. О генетических закономерностях изменения качества углей в Донецком бассейне. - В кн.: Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. М., Недра, 1963, т. I.

58. Левенштейн М.Л. Карта распространения групп метаморфизма углей Украинской части Большого Донбасса м-ба 1:500 000. Киев, 1968.

59. Левенштейн М.Л. Структурная карта Украинской части Большого Донбасса м-ба 1:500 000. Киев, 1968.

60. Левенштейн М.Л. Основные проблемы регионального метаморфизма углей. - В об.: Геология угольных месторождений. Изд-во Наука, 1969.

61. Левенштейн М.Л. Основные проблемы регионального метаморфизма углей. - В об.: Геология угольных месторождений. Изд-во Наука, 1969.

62. Левенштейн М.Л. Зональность, количественные закономерности и факторы регионального метаморфизма углей. Донецкий бассейн. - В кн.: Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород. М., Наука, 1975.

63. Левенштейн М.Л., Гершаник П.Г., Луков П.П. и др. Качество углей. - В кн.: Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна. М., Недра, 1972.

64. Левенштейн М.Л., Голицын М.В., Пах Э.М., Иванов Н.В. Особенности преобразования органического вещества на поздних стадиях литогенеза (капагенеза, метагенеза). - В об.: Угленосные формации и их генезис. М., Наука, 1973.

65. Левенштейн М.Л., Громико П.И., Комогорова В.А., Спирин О.И. Особенности построения карт метаморфизма на основе отражательной способности в условиях юго-западной части Донбасса. - Тезисы док-

- ладов УИ Всесоюзного угольного совещания: Угольные бассейны и условия их формирования. Львов, 1980, ч.3.
65. Левенштейн М.Л., Лифшиц М.М. Закономерности изменения углей в нижнем карбоне Донецкого бассейна. - В об.: Исследование и классификация углей. Углетехиздат, 1959, № 18.
66. Левенштейн М.Л. Основные проблемы регионального метаморфизма углей. - Геология угольных месторождений. 1969.
67. Левенштейн М.Л., Очкур Н.П., Узирик В.И. Угли Донецкого бассейна в системе проекта петролого-геохимической классификации. - В об.: Угольные бассейны и условия их формирования. М., Наука, 1983.
68. Левенштейн М.Л., Спирина О.И. Эталонная шкала метаморфизма клареновых углей Донбасса. - Тезисы докладов 27-го Международного геологического конгресса. М., 1984, т.9, ч.2.
69. Левенштейн М.Л., Яновская Г.Б. Количественные связи метаноносности угольных пластов с их метаморфизмом. - Разведка и охрана недр. 1984, № 6.
70. Левенштейн М.Л., Тарасов Л.Б. Новые данные о граничных значениях параметров метаморфизма выбросоопасных и невыбросоопасных угольных пластов. - Уголь Украины, 1986, № 2.
71. Лифшиц М.М. Принцип генетической классификации углей для составления геолого-углехимической карты Донбасса. - В кн.: Химия и генезис твердых горючих ископаемых. Труды I-го Всесоюзного совещания, 1950 г. Изд-во АН СССР, 1953.
72. Лифшиц М.М. Генетическая классификация углей. - В кн.: Геолого-углехимическая карта Донецкого бассейна. М., Углетехиздат, 1954, вып.УШ.
73. Лифшиц М.М. Классификация углей. - В кн.: Геология месторождения углей и горючих сланцев СССР. М., Госгеолтехиздат, 1963, т.1.
74. Лопатин Н.В. О роли геологического времени в процессах карбонизации каменных углей. - Вестник Моск. ун-та. Геология. 1969, № 1.
75. Лопатин Н.В. Температура и геологическое время как факторы углефикации. - Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1971.
76. Лопатин Н.В. Образование горючих ископаемых. М., Недра, 1983.
77. Лугугин Л.И. Донецкий каменноугольный бассейн как источник минерального топлива. - Изд. XXIV съезда горно-промышленников кта России, II ноября 1899 г. 1900.
78. Лугугин Л.И. Введение к работе Б.Ф. Мефферта "Ископаемые угли Донецкого бассейна". Харьков, 1915, вып. I.
79. Мазор Ю.Р., Гаврилова О.И., Гуревич А.Б. и др. Метаморфизм ископаемых углей. - Докл. 27-го Междунар. геол. конгресса. М., 1984, т.14.
80. Матвеев А.К. Объяснительная записка к обзорной карте прогноза углей СССР. Госгеолиздат, 1940.
81. Матвеев А.К. Геологические факторы и вероятный механизм процесса метаморфизма углей. - Сов. геология, об. 7, 1945.
82. Матвеев А.К. Природные факторы и зональность метаморфизма углей. - Сессия ученого совета Института горючих ископаемых АН СССР. Тезисы докладов. 1945.
83. Матвеев А.К., Мазор Ю.Р. О региональном метаморфизме углей бассейна р. Курейки. - В об.: Геология углей Сибири и Дальнего Востока. Изд-во Наука, 1965.
84. Международный толковый словарь по петрологии углей. М., Наука, 1965.
85. Метаморфизм углей и эпигенез вмещающих пород. (Под ред. Иванова Г.А.). М., Недра, 1975.
86. Методика разведки угольных месторождений Донецкого бассейна. (Гл. редактор Буцки Ю.В.). М., Недра, 1972.
87. Мефферт Б.Ф. Ископаемые угли Донецкого бассейна. Угли Центрального района. - Изд. Совета съезда горнопромпт. России. 1973, вып. I.
88. Мефферт В.М. и Крым В.С. Ископаемые угли Донецкого бассейна. Угли Алмазно-Марьевского района. Часть I - тект, часть 2 - атлас. Геолком. Л., 1926-1927, вып. II.
89. Мюллер Р.Я., Попов В.С. К вопросу о кинетике газовыделения угля в связи с проблемой метаморфизации. Журнал прикладной химии. 1957, т. XXX.
90. Нагорный В.Н., Нагорный Ю.Н. О постинверсионных процессах регионального метаморфизма углей. - Геология и геофизика. 1974, № 7.

91. Нагорный В.Н. Влияние особенностей геологического развития бассейнов на закономерности регионального метаморфизма углей (на примере Донбасса). Автореф. докт. дисс. Л., 1980.
92. Плеханов В.И., Егоров К.П., Байбеков К.А. О единой промышленной классификации углей СССР. - Коко и химия. 1975, № 10.
93. Погребницкий Е.О. К вопросу о метаморфизме углей Донецкого бассейна. - Химия твердого топлива, 1933, т. IУ, вып. 4.
94. Погребницкий Е.О. О факторах метаморфизма углей Донецкого бассейна. - Химия твердого топлива, 1937, т. ХУИ, вып. 5.
95. Погребницкий Е.О. Геологическая история Донецкого бассейна как один из факторов метаморфизма углей. - В кн.: Труды I7 сессии Междунар. геол. конгресса, 1937 г. М., ГОНТИ, 1939, т. I.
96. Погребницкий Е.О. К вопросу метаморфизма углей Донбасса. - Советская геология, 1964, № II.
97. Попов В.С. Донецкий бассейн. - В кн.: Горное дело. Геология угольных месторождений. М., Углетехиздат, 1957, т. 2.
98. Попов В.С. Геологическое строение и промышленная угленосность Донецкого бассейна (в границах Большого Донбасса). Киев, 1964.
99. Попов В.С. Геологоразведочные работы в Донецком бассейне за 50 лет Советской власти (решения некоторых важных проблем). - Геол. журн., 1967, 27, № 5.
100. Посильный В.Я. О классификации антрацитов по микротвердости. - Химия твердого топлива, 1972, № 2.
101. Посильный В.Я. Метаморфизм антрацитов. Угольные бассейны и условия их формирования, ч. 2, 6-е Всес. геол. угольн. совещ. Львов, 1980. - Тезисы докл. Львов, 1980.
102. Пономарева М.Н., Лифшиц М.М., Вирвич Г.П. Отражательная способность углей Донецкого бассейна. - Сб. статей Донецк. научно-исслед. угольного ин-та. М., Госгортехиздат, 1962, № 25.
103. Пономарева М.Н., Лифшиц М.М., Вирвич Г.П. Некоторые оптические константы углей как показатель метаморфизма. Сб. Донецк. научно-исслед. угольного ин-та. М., Недра, 1965, № 34.
104. Порфирьев В.Б. Метаморфизм ископаемых углей. Львов, изд-во Львов. госуниверситета, 1948.
105. Сарбеева Л.И. К вопросу о методике изучения антрацитов. Типы антрацитов. - Химия твердого топлива, 1936.
106. Сарбеева Л.И. Определение метаморфизма угля по физическим и петрографическим признакам. Гостехиздат, 1943.
107. Сарбеева Л.И. К методике измерения отражательной способности углей. Материалы к IX совещ. раб. геол. Л., Недра, 1965, вып. 8.
108. Сарбеева Л.И., Крылова Н.М. Отражательная способность микрокомпонентов углей метаморфического ряда. - В сб.: Вопросы метаморфизма углей и эпигенеза вмещающих пород. Л., Наука, 1968.
109. Соколов В.А. Очерки генезиса нефти. М.-Л., Гостоптехиздат, 1948.
110. Соколов В.А. Геохимия газов земной коры и атмосферы. Изд-во Недра, 1966.
111. Соколов В.А., Зильберштейн В.М., Зимаков М.И. и др. Сопоставление показателей углефикации и группировка антрацитов Восточного Донбасса по стадиям метаморфизма. - В сб.: Геологоразв. работы в Ростовской обл. Ростов-на-Дону, 1980.
112. Скок В.И. О ступенях глубинного метаморфизма ископаемых углей. Изв. АН СССР, сер. геол., 1954, № 6.
113. Спирина О.И. К вопросу погрешности оценки метаморфизма клареновых углей Донбасса. - Геол. журн., Киев, 1983, № 6.
114. Спирина О.И. Об одном из критериев взаимозаменяемости и сочетаемости параметров качества угля в системе координат метаморфизм - восстановленность. - Тезисы докладов. Степановские чтения. Артемовск-Донецк, 1985.
115. Стадников Г.Д. Происхождение углей и нефти. изд. 3 перераб. и дополн. Изд-во АН СССР, 1937.
116. Стадников Г.Д. Глинистые породы. Изд-во АН СССР, 1957.
117. Тайхмюллер М., Тайхмюллер Р. Диагенез углей (углефикация). - В кн.: Диагенез и катагенез осадочных образований. М., Мир, 1971.

118. У з и я к В.И. Генетические связи в составе и свойствах углей среднего карбона Донецкого бассейна. - Химия твердого топлива. 1978, № 1.

119. Ф у к с Н.К. Условия накопления угольных пластов в западной части Донецкого бассейна и влияние этих условий на свойства угля. - Труды XUP сессии Международного геологического конгресса. ОНТИ, 1939, т. I.

120. Ф у к с Н.К., З а й ц е в а Е.И. Геология Донецкого бассейна и условия накопления угольных пластов. - Геологическая карта Донбасса. Укргоотптехиздат, 1941, вып. У.

121. Ш т а х Э., М а х о в с к и й М.Г., Т а й х - м ю л л е р М. и др. Петрография углей. М., Мир, 1978.

122. Ш е х у н о в В.С. К вопросу о метаморфизме углей. - Кн.: Проблемы советской геологии, т. УП. 1938, № 3.

123. Ш и р о к о в А.З. О метаморфизме углей Донбасса. - Тр. Главуглеразведка. Углетехиздат, 1948, № 3.

124. Ш и р о к о в А.З. Причины метаморфизма углей Донбасса. - Изв. Днепропетровского горного института. Углетехиздат, 1948, т. XIX.

125. H i l t С. Die Beziehungen zwischen der Zusammensetzung und den technischen Eigenschaften der Steinkohle. - L. Vereines dtseb. Ingr. 1873, Bd. XVII, Hft. 4.

126. H u c k , K a r w e i l I. Physikalisch chemische Probleme der Inkohlung Brennstoff. - Chemie 36, Essen, 1955.

Фондовая

127. В о р о н и н а Т.Т., Д е д о в В.С., Т у м а - к о в А.И. Отчет по теме "Составление карт метаморфизма и марочного состава углей геолого-промышленных районов Ворошиловградской области". Фонды ПГО "Ворошиловградгеология", 1978.

128. Д у б р о в с к а я О.Г. Отчет по теме "Составление карт метаморфизма и марочного состава углей Западного Донбасса". Фонды ПГО "Укржгеология", 1978.

129. Л е в е н ш т е й н М.Л., С п и р и н а О.И., Ж е р н о в а я Г.Г., Г р о м ь к о Н.И. Отчет по теме "Составление сводных карт метаморфизма углей по Донецкому бассейну". Фонды ПГО "Донбассгеология", 1984.

130. Л е в е н ш т е й н М.Л., Г о л у б е в А.А., С о к о л о в а Г.У., С п и р и н а О.И. Отчет по теме "Бурение и исследование глубоких скважин в Донбассе для изучения природы, источников, распределения и миграции газов в угольных пластах и вмещающих породах", 1986. Фонды ПГО "Донбассгеология".

131. Н о с о в а К.Б., П о п о в И.П. Отчет по теме "Составление карты метаморфизма углей Восточного Донбасса". Фонды ПГО "Кжгеология", 1978.

132. О ч к у р Н.П., К у т ь к о Л.В. Маркировка углей юго-западной части Донбасса в соответствии с новой классификацией. Фонды ПГО "Донбассгеология", 1982.

133. С е р г е е в В.В. Отчет по теме "Изучение марочного состава углей по Западному Донбассу". Фонды ПГО "Донбассгеология", 1978.

134. С о к о л о в В.А., Н о с о в а К.Б. Сводная карта метаморфизма углей Восточного Донбасса м-ба 1:200 000, 1972. Фонды ПГО "Кжгеология".

135. С п и р и н а О.И., Г р о м ь к о Н.И., Ж е р н о в а я Г.Г. Составление комплекта карт метаморфизма углей юго-западной части Донбасса. Фонды ПГО "Донбассгеология", 1979.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ГОСТУ 17070-79

Основные понятия

Уголь - твердая, горючая горная порода, образовавшаяся из отмерших растений в результате их биохимических, физико-химических и физических изменений.

Углеобразование - последовательное превращение отмерших растений в уголь.

Углефикация - фаза углеобразования, в которой торф последовательно превращается в бурый, каменный уголь и антрацит.

Диагенез угля - часть углефикации, в которой под влиянием преимущественно биохимических воздействий торф превращается в бурый уголь.

Метаморфизм угля - часть углефикации, в которой под влиянием повышенной температуры и давления горных пород бурый уголь превращается в каменный уголь и антрацит.

Генетическая классификация углей - разделение углей на виды в зависимости от характера исходной растительности и условий ее изменения при углеобразовании.

Марка угля - условное обозначение разновидности угля, близкого по генетическим признакам и основным энергетическим и технологическим свойствам.

Промышленная классификация углей - разделение углей на марки и технологические группы по показателям, характеризующим их основные энергетические и технологические свойства.

Бурый уголь - уголь низкой степени углефикации, образующийся из торфа в результате диагенеза.

Каменный уголь - уголь средней степени углефикации, образующийся из бурого угля в результате метаморфизма.

Антрацит - уголь высшей степени углефикации, образующийся из каменного угля в результате метаморфизма.

Свойства и анализ углей

Сухая беззольная масса угля - условная масса угля за вычетом массы общей влаги и золы.

Влажная беззольная масса угля - условная масса угля за вычетом массы золы, но с содержанием влаги, соответствующей максимальной влагоемкости угля.

Органическая масса угля - условная масса угля за вычетом общей влаги и минеральной массы.

Максимальная влагоемкость угля - массовая доля в состоянии полного насыщения его водой, но без свободной влаги, находящейся на внешней поверхности угля.

Выход летучих веществ - масса летучих продуктов разложения единицы массы угля при его нагревании без доступа воздуха в установленных условиях.

Объемный выход летучих веществ - объем газов разложения единицы массы угля при его нагревании без доступа воздуха в установленных условиях.

Высшая удельная теплота сгорания - количество теплоты, выделившееся при полном сгорании единицы массы угля в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода в установленных условиях.

Низшая удельная теплота сгорания угля - высшая теплота сгорания за вычетом теплоты испарения воды, выделенной и образованной из угля во время сгорания.

Удельная теплота сгорания угля по бомбе - высшая теплота сгорания с учетом теплоты образования и растворения в воде серной и азотной кислот.

Спекаемость угля - свойство угля переходить при нагревании без доступа воздуха в пластическое состояние с последующим образованием связанного нелетучего остатка.

Толщина пластического слоя угля - максимальное расстояние между поверхностями раздела уголь - пластическая масса и пластическая масса - полукоко, определяемое в установленных условиях.

Индекс Роба - показатель спекаемости угля, определяемый по прочности нелетучего остатка, полученного при быстром нагревании смеси угля или смеси угля с оглашающей добавкой.

Термины и определения (СТ СЭВ 750-77)

Рабочее состояние топлива (верхний индекс - г) - состояние топлива с таким содержанием влаги и зольностью, с которым оно добывается, отгружается или используется.

Аналитическое состояние топлива (верхний индекс - а) - состояние топлива, характеризуемое подготовкой пробы, в которую включается размолом с крупностью зерен менее 0,2 мм и приведением ее в равновесие с условиями лабораторного помещения.

Сухое состояние топлива (верхний индекс - с) - состояние топлива без содержания общей влаги (кроме гидратной).

Сухое беззольное состояние топлива (верхний индекс - dsf) - условное состояние топлива, не содержащего общей влаги и зольн.

Органическая масса топлива (верхний индекс - о) - условное состояние топлива без содержания влаги и минеральной массы.