

662.66

A18

**И.В. Аугушевич,  
Е.И. Сидорук, Т.М. Броповец**

**СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ  
ИСПЫТАНИЯ УГЛЕЙ  
КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ**



**МОСКВА**



И. В. Авгушевич,  
Е. И. Сидорук, Т. М. Броновец

**СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ  
ИСПЫТАНИЯ УГЛЕЙ  
КЛАССИФИКАЦИИ УГЛЕЙ**

Второе, переработанное  
и значительно дополненное издание



Москва  
2018

УДК [543:662.66] (075.3)

**A18**

**A18** Авгушевич И. В., Сидорук Е. И., Броневец Т. М.  
**Стандартные методы испытания углей. Классификации углей.** -  
М.: «Реклама мастер», 2018. – 576 с.: ил.

ISBN 978-5-902989-59-2

Рассмотрено современное состояние аналитической химии твердых топлив.

Представлены основные стандартные методы отбора, приготовления проб и испытания углей, необходимые для характеристики углей с точки зрения их рационального использования и переработки.

Изложены сущность, теоретическое обоснование и критическая оценка стандартных методов определения петрографического и химического состава углей и их технологических свойств.

Представлены современные классификации и кодификации ископаемых углей. Приведены примеры маркировки и кодификации углей.

Книга является методическим пособием и практическим руководством и предназначена для инженеров и техников производственных и научно-исследовательских лабораторий, работающих в области оценки качества угольной продукции. Книга может быть полезна студентам углеобогатительных, энергетических и коксохимических специальностей высших и средних специальных учебных заведений, а также широкому кругу специалистов и предпринимателей, работающих в области геологоразведки, добычи, переработки и торговли углем.

© И. В. Авгушевич, Е. И. Сидорук, Т. М. Броневец,  
текст, графики, таблицы, рисунки, фото, 2018

© Оформление, Т. В. Киселева, 2018

ISBN 978-5-902989-59-2

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ко второму изданию.....	11
Предисловие к первому изданию.....	13
<b>Глава 1. Введение в анализ углей.....</b>	<b>16</b>
<b>Глава 2. Трудности проведения испытаний углей.....</b>	<b>20</b>
<b>Глава 3. Стандартизация методов испытаний углей.....</b>	<b>24</b>
§ 3.1 История вопроса.....	24
§ 3.2 Международная стандартизация.....	26
§ 3.3 Национальная система технического регулирования.....	29
§ 3.4 Межгосударственная стандартизация.....	32
§ 3.5 Стандартизация в Таможенном союзе.....	34
§ 3.6 Современное состояние национальной стандартизации в области методов испытаний твердых топлив.....	36
<i>Приложение к главе 3</i>	
<i>Рекомендации по разработке национальных и межгосударственных         стандартов на методы испытаний углей путем гармонизации         с международными стандартами.....</i>	45
§ П. 1 Введение.....	45
§ П. 2 Принципы гармонизации.....	46
§ П. 3 Практика проведения гармонизации национальных и межгосударственных стандартов.....	49
§ П. 4 Обозначения показателей качества и индексов к ним.....	51
§ П. 5 Наименование стандарта и область применения.....	51
§ П. 6 Стандарты на методы испытаний бурых углей.....	53
§ П. 7 Пересмотр стандартов на относительные методы анализа и их гармонизация.....	55
§ П. 8 Гармонизация отдельных национальных стандартов.....	57
§ П. 8.1 Стандарты на методы определения влаги.....	57
§ П. 8.2 Стандарты на методы определения выхода летучих веществ.....	59
§ П. 8.3 Стандарты на методы оценки качества твердого топлива.....	60
§ П. 9 Заключение.....	63
<b>Глава 4. Отбор и приготовление проб для анализа углей.....</b>	<b>64</b>
§ 4.1 Опробование топлива.....	64
§ 4.2 Виды проб.....	66
§ 4.3 Отбор проб.....	67
§ 4.4 Обработка проб.....	71
§ 4.5 Приготовление аналитических проб углей.....	73

§ 4.6 Подготовка пробы к проведению анализа. Общие приемы работы при анализе углей.....	78
§ 4.7 Международные стандарты на методы отбора и приготовления проб углей.....	83
§ 4.8 Гармонизация стандартов на методы опробования углей.....	91
<b>Глава 5. Определение влаги в углях</b> .....	97
§ 5.1 Основные представления о влаге углей.....	97
§ 5.2 Стандартные методы определения содержания влаги в углях.....	102
§ 5.2.1 Сушильные шкафы.....	106
§ 5.3 Определение общей влаги в углях.....	108
§ 5.3.1 Отбор и приготовление проб для определения общей влаги.....	108
§ 5.3.2 Выбор метода определения общей влаги.....	109
§ 5.3.3 Практика отбора и приготовления пробы.....	109
§ 5.3.4 Двухступенчатые методы определения общей влаги (методы А).....	110
§ 5.3.5 Одноступенчатые методы определения общей влаги (методы В).....	113
§ 5.4 Определение влаги в аналитической пробе.....	114
§ 5.4.1 Методика определения аналитической влаги высушиванием на воздухе при 105-110 °С.....	116
§ 5.5 Точность определения влаги в углях.....	117
§ 5.6 Ускоренные лабораторные методы определения общей и аналитической влаги.....	118
§ 5.6.1 Стандартные методы ускоренного определения общей и аналитической влаги.....	118
§ 5.6.2 Метод определения аналитической влаги в токе сухого воздуха по ASTM D3173.....	122
§ 5.6.3 Применение инфракрасных термогравиметрических влагомеров для определения общей влаги в углях.....	123
§ 5.7 Инструментальные методы определения влаги в углях.....	125
<b>Глава 6. Определение зольности углей</b> .....	126
§ 6.1 Основные представления о минеральной массе и зольности углей.....	126
§ 6.2 Условия определения зольности углей.....	128
§ 6.3 Стандартные методы определения зольности твердых топлив.....	131
§ 6.4 Методика определения зольности углей методом медленного озоления.....	133
§ 6.5 Изменение № 1 ГОСТ Р 55661-2013 (ИСО 1171:2010).....	134
§ 6.5.1 Температура озоления горючих сланцев.....	135

§ 6.5.2 Продолжительность прокаливания зольных остатков в ускоренном методе.....	136
§ 6.5.3 Повторяемость и воспроизводимость результатов определения зольности.....	137
§ 6.6 Инструментальные методы определения зольности.....	141
<b>Глава 7. Формы выражения результатов анализа.....</b>	<b>144</b>
§ 7.1 Различные состояния топлива.....	144
§ 7.2 Обозначения показателей твердого топлива.....	146
§ 7.3 Пересчет результатов анализа на различные состояния топлива.....	148
§ 7.4 Влияние состава минеральной массы на пересчет результатов анализа.....	154
§ 7.5 Методы определения содержания диоксида углерода карбонатов в угле .....	156
<b>Глава 8. Определение выхода летучих веществ из углей.....</b>	<b>158</b>
§ 8.1 Представление о летучих веществах и нелетучем остатке.....	158
§ 8.2 Особенности определения гравиметрического выхода летучих веществ.....	159
§ 8.3 Методика определения гравиметрического выхода летучих веществ из каменных углей.....	167
§ 8.4 Метод определения объемного выхода летучих веществ из антрацитов.....	169
<b>Глава 9. Современные инструментальные методы определения влажности, зольности и выхода летучих веществ в углях .....</b>	<b>171</b>
<b>Глава 10. Определение содержания серы в углях.....</b>	<b>177</b>
§ 10.1 Основные представления о видах серы в углях.....	177
§ 10.2 Определение общей серы в углях.....	178
§ 10.3 Методика определения содержания общей серы в углях гравиметрическим методом (метод Эшка).....	183
§ 10.4 Особенности гравиметрического определения сульфатов (из теории и практики весового анализа).....	186
§ 10.5 Инструментальные методы определения общей серы в углях.....	188
§ 10.6 Методы определения форм (разновидностей) серы в углях.....	192
<b>Глава 11. Определение элементного состава органической массы углей.....</b>	<b>197</b>
§ 11.1 Общие сведения.....	197
§ 11.2 Определение содержания углерода и водорода в углях.....	198
§ 11.3 Методика определения содержания углерода и водорода в углях ускоренным методом.....	203

§ 11.4	Определение содержания азота и кислорода в углях.....	208
§ 11.5	Инструментальные методы определения углерода, водорода и азота в углях.....	213
<b>Глава 12.</b>	<b>Определение теплоты сгорания углей.....</b>	<b>219</b>
§ 12.1	Общие сведения.....	219
§ 12.2	Основы стандартного метода определения теплоты сгорания углей.....	223
§ 12.3	Описание калориметра классического типа с термостатом и бомбой для сжигания.....	226
§ 12.4	Реактивы и материалы для определения теплоты сгорания методом сжигания в калориметрической бомбе.....	229
§ 12.5	Калориметрическая процедура.....	230
§ 12.6	Подготовка к испытанию.....	234
§ 12.6.1	Приготовление пробы.....	234
§ 12.6.2	Подготовка калориметрической установки.....	236
§ 12.7	Калориметрический опыт.....	237
§ 12.7.1	Опыт в изопериболическом калориметре (в изотермическом режиме).....	237
§ 12.7.2	Опыт в адиабатическом калориметре (в адиабатическом режиме).....	239
§ 12.7.3	Окончание испытания и анализ продуктов сгорания.....	240
§ 12.8	Определение энергетического эквивалента калориметра.....	242
§ 12.9	Обозначения показателей теплоты сгорания и индексы, принятые в межгосударственных и международных стандартах.....	246
§ 12.10	Расчет теплоты сгорания аналитической пробы топлива при сжигании в калориметрической бомбе.....	248
§ 12.11	Расчет высшей и низшей теплоты сгорания и пересчет результатов на различные состояния топлива.....	250
§ 12.12	Обработка, представление и распечатка результатов определения теплоты сгорания твердых топлив. Прецизионность метода.....	258
§ 12.13	Практическое применение формулы Д. И. Менделеева в углехимических лабораториях.....	260
§ 12.14	Современные автоматические калориметры.....	262
<b>Глава 13.</b>	<b>Определение химического состава золы и содержания в углях микроэлементов.....</b>	<b>266</b>
§ 13.1	Общие сведения.....	266
§ 13.2	Методы определения химического состава золы углей.....	268
§ 13.3	Методы определения содержания микроэлементов.....	272

<b>Глава 14. Показатели качества, характеризующие безопасность угольной продукции</b> .....	289
§ 14.1 Представление о безопасности угольной продукции.....	289
§ 14.2 Содержание хлора - показатель безопасности углей.....	291
§ 14.3 Методика определения хлора в углях с применением смеси Эшка и меркуриметрического титрования.....	293
§ 14.4 Содержание мышьяка - показатель безопасности углей.....	294
<b>Глава 15. Определение плотности углей</b> .....	298
§ 15.1 Общие представления о плотности углей.....	298
§ 15.2 Метод определения действительной плотности углей.....	299
§ 15.3 Определение кажущейся плотности углей методом гидростатического взвешивания.....	304
§ 15.4 Объемный метод определения кажущейся плотности.....	308
§ 15.5 Определение насыпной плотности углей.....	309
<b>Глава 16. Определение выхода продуктов полукоксования углей</b> .....	311
§ 16.1 Основные представления о продуктах полукоксования топлив...	311
§ 16.2 Метод определения выхода продуктов полукоксования.....	313
<b>Глава 17. Групповой анализ углей</b> .....	317
§ 17.1 Общее понятие о групповом анализе углей.....	317
§ 17.2 Метод определения выхода битумов.....	319
§ 17.3 Методы определения выхода гуминовых кислот.....	324
§ 17.4 Определение степени окисленности каменных углей методом щелочной экстракции.....	330
§ 17.5 Стандартный метод изучения гуминовых препаратов.....	331
<b>Глава 18. Определение плавкости золы углей</b> .....	332
§ 18.1 Общие сведения.....	332
§ 18.2 Методы определения плавкости золы.....	333
§ 18.3 Аппаратура для определения плавкости золы.....	341
<b>Глава 19. Определение размолоспособности углей</b> .....	344
§ 19.1 Общие сведения.....	344
§ 19.2 Методы определения коэффициента размолоспособности углей.....	346
§ 19.3 Абразивные свойства угля и золы.....	351
§ 19.4 Ситовой анализ угольной пыли.....	352
<b>Глава 20. Определение гранулометрического и фракционного состава углей</b> .....	356
§ 20.1 Ситовой метод определения гранулометрического состава углей.....	356



§ 20.2 Классификация углей по размеру кусков.....	363
§ 20.3 Фракционный состав и обогатимость углей.....	366
<b>Глава 21. Изучение углей стандартными петрографическими методами.....</b>	<b>371</b>
§ 21.1 Общие представления о петрографических методах изучения углей.....	371
§ 21.2 Подготовка образцов углей для петрографического анализа.....	375
§ 21.3 Методы определения петрографического состава углей.....	380
§ 21.3.1 Понятие о литотипах углей.....	381
§ 21.3.2 Петрографический метод определения мацерального состава углей.....	382
§ 21.3.3 Метод определения микролитотипов в углях.....	391
§ 21.4 Определение показателя отражения витринита.....	393
§ 21.5 Аппаратура для петрографического анализа углей.....	403
§ 21.6 Методы петрографического анализа и физические свойства углей.....	404
<b>Глава 22. Методы оценки спекаемости и коксующести углей.....</b>	<b>409</b>
§ 22.1 Общие представления о спекаемости, пластическом состоянии и коксующести углей.....	409
§ 22.2 Методы определения спекаемости и коксующести углей (общие вопросы).....	411
§ 22.3 Определение пластометрических показателей по методу Л. М. Сапожникова.....	413
§ 22.4 Методика определения пластометрических показателей каменных углей.....	421
§ 22.5 Определение спекающей способности каменных углей.....	424
§ 22.6 Метод определения показателя (индекса) свободного вспучивания.....	428
§ 22.7 Определение спекаемости по методу Грей-Кинга.....	431
§ 22.8 Определение дилатометрических показателей по методу Одибера-Арну.....	434
§ 22.9 Ускоренные методы определения дилатометрических показателей в приборах ИГИ-ДМетИ и ИГИ-ВУХИН.....	438
§ 22.10 Ускоренный метод определения спекаемости.....	442
§ 22.11 Определение выхода жидкоподвижных продуктов из пластической массы углей.....	442
§ 22.12 Определение показателей пластических свойств углей в пластометре Гизелера.....	444
§ 22.13 Определение коксующести углей методом лабораторного коксования.....	447

§ 22.14 Коксование в полужаводских печах и ящичные коксования. Оценка качества кокса.....	449
<b>Глава 23. Классификации углей.....</b>	<b>453</b>
§ 23.1 Назначение и виды классификаций.....	453
§ 23.2 Единая классификация углей по генетическим и технологическим параметрам.....	457
§ 23.3 Стандарты по видам потребления углей.....	477
§ 23.4 Кодификации бурых углей.....	479
§ 23.5 Кодификации каменных углей и антрацитов.....	487
§ 23.6 Международная классификация углей в пластах.....	492
§ 23.7 Рамочная классификация мировых запасов и ресурсов энергетических и минеральных ископаемых.....	501
§ 23.8 Классификация углей США.....	503
§ 23.9 Сопоставление классификаций углей.....	507
<b>Глава 24. Заключительная.....</b>	<b>515</b>
<b>Послесловие</b>	
Личные воспоминания И. В. Августевич об Институте горючих ископаемых.....	528
<b>Литература.....</b>	<b>534</b>
<b>Предметный указатель.....</b>	<b>538</b>
<b>Приложение 1</b>	
<i>Перечень действующих национальных стандартов по состоянию на 1 января 2018 г. Разделы Указателя национальных стандартов и Общероссийского классификатора стандартов: 73.040 - Угли, 75.160.10 - Твердое топливо.....</i>	<i>546</i>
<b>Приложение 2</b>	
<i>Перечень действующих международных стандартов по состоянию на 1 января 2018 г. Разделы Международного классификатора стандартов: 73.04 — Угли (включая лигниты); 75.160.10 — Твердое топливо (включая угольную продукцию, кокс, торф, древесину, продукты пиролиза угля и т. д.).....</i>	<i>565</i>