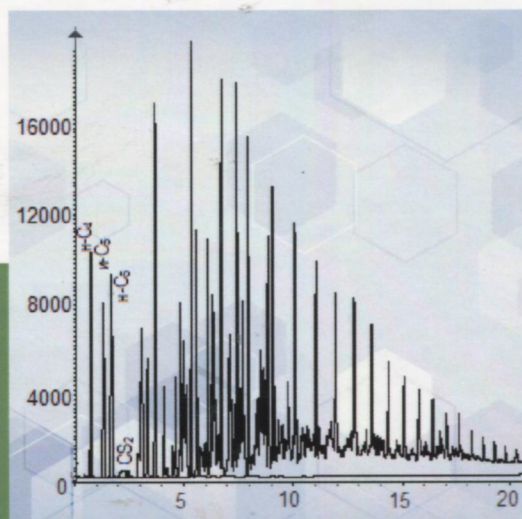


# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛЕГКОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

С. А. Арыстанбекова  
М. С. Лапина  
А. Б. Волынский



С. А. АРЫСТАНБЕКОВА, М. С. ЛАПИНА,  
А. Б. ВОЛЫНСКИЙ

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ  
АНАЛИЗА ЛЕГКОГО  
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ  
И ПРОДУКТОВ ЕГО  
ПЕРЕРАБОТКИ**

*Монография  
Издание второе, стереотипное*



**ЛАНЬ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
МОСКВА  
КРАСНОДАР  
2023

УДК 66  
ББК 35я73

**А 89** Арыстанбекова С. А. Современные методы анализа легкого углеводородного сырья и продуктов его переработки : монография / С. А. Арыстанбекова, М. С. Лапина, А. Б. Волынский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 340 с. : ил. — Текст : непосредственный.

**ISBN 978-5-507-47144-7**

В монографии рассмотрены современные подходы к определению полного химического состава «жирных» углеводородных газов (попутного нефтяного газа и газа сепарации), нестабильного газового конденсата (НГК) и стабильного газового конденсата, сжиженных углеводородных газов, широкой фракции легких углеводородов и дистиллятов, развитые в химико-аналитической лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Основное внимание авторов уделено методам определения углеводородного состава, включая высококипящие углеводороды (до C<sub>44</sub>), индивидуальных серосодержащих соединений (сероводорода, меркаптанов, органических сульфидов и дисульфидов, производных тиофена и т. д.), а также неорганических газов и метанола. Наряду с классическими подходами к анализу проб НГК в монографии рассмотрены методы анализа, основанные на прямой подаче проб под давлением до 10 МПа в газовый хроматограф. Разработанные методики анализа в максимальной степени унифицированы с действующими международными стандартами. В монографии также рассмотрены такие важные вопросы, как расчет состава пластового газа (сырье газоконденсатных месторождений) и определение примесей ртути в природном газе.

Издание предназначено для аспирантов и студентов направлений подготовки и специальностей, входящих в УГСН «Химия», «Химические технологии», а также для широкого круга специалистов и сотрудников производственных и испытательных лабораторий нефтегазового профиля.

УДК 66  
ББК 35я73

**Рецензент**

*Я. И. ЯШИН* — доктор химических наук, профессор, руководитель отдела исследований и разработок Департамента инжиниринга ООО «Интерлаб».

**Обложка**  
*П. И. ПОЛЯКОВА*

© Издательство «Лань», 2023  
© Коллектив авторов, 2023  
© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2023

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
Сокращения .....	5
Глава 1. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЛЕГКОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ.....	7
1.1. Терминология сырья газоконденсатных месторождений — настоящее положение .....	9
1.1.1. Основные документы по терминологии газоконденсатных исследований .....	9
1.1.2. Пластовый газ.....	11
1.1.3. Нестабильный газовый конденсат.....	12
1.2. Отбор и хранение проб углеводородного сырья и продукции.....	14
1.2.1. Требования к пробоотборникам .....	14
1.2.2. Процедура отбора проб .....	17
1.3. Определение углеводородного состава сырья и продукции .....	20
1.3.1. Определение химического состава газа сепарации и ПНГ.....	21
1.3.2. Определение химического состава нестабильного газового конденсата.....	34
1.3.3. Определение состава широкой фракции легких углеводородов и сжиженных углеводородных газов.....	57
1.4. Определение серосодержащих соединений .....	60
1.4.1. Определение серосодержащих соединений в газообразных углеводородных пробах.....	61
1.4.2. Определение серосодержащих соединений в нестабильном газовом конденсате с предварительным разгазированием пробы.....	65
1.4.3. Методы определения серосодержащих соединений в сжиженных углеводородных газах и широкой фракции легких углеводородов.....	71
1.5. Определение метанола .....	74
1.5.1. Определение метанола в газообразных углеводородных пробах .....	75
1.5.2. Определение метанола в нестабильном газовом конденсате с предварительным разгазированием пробы.....	76
1.5.3. Определение метанола в сжиженных углеводородных газах и широкой фракции легких углеводородов.....	79
1.6. Расчет состава пластового газа.....	81
1.6.1. Определение химического состава газа сепарации и нестабильного газового конденсата.....	82
1.6.2. Расчет состава пластового газа применительно к оценке запасов.....	83
1.7. Определение ртути в природном газе .....	84
Резюме к главе 1.....	90
Глава 2. ГРАДУИРОВКА В ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ — АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ.....	93
2.1. Единицы выражения концентрации компонентов .....	97
2.1.1. Метод внутренней нормализации .....	97
2.1.2. Правило аддитивности .....	102
2.1.3. Средняя молярная масса образца .....	103
2.2. Стандартные образцы.....	105

Глава 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА И ГАЗА СЕПАРАЦИИ .....	107
3.1. Определение углеводородов $C_1-C_{8+в}$ и неорганических газов .....	107
3.1.1. Оптимизация экспериментальных условий газохроматографического анализа .....	107
3.1.2. Расчет концентрации определяемых компонентов .....	112
3.1.3. Сравнение результатов определения сероводорода в газе сепарации, полученных методом газовой хроматографии и методом йодометрического титрования .....	113
3.2. Определение примесей серосодержащих соединений .....	113
3.2.1. Оптимизация условий газохроматографического определения серосодержащих соединений .....	113
3.2.2. Проведение газохроматографического анализа и расчет концентраций серосодержащих соединений .....	119
3.2.3. Влияние материала пробоотборника на результаты определения серосодержащих соединений в пробах ПНГ .....	126
3.2.4. Результаты определения серосодержащих соединений в пробах газа сепарации и попутного нефтяного газа .....	132
Глава 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ РАЗГАЗИРОВАНИЕМ ПРОБЫ ...	136
4.1. Разгазирование проб нестабильного газового конденсата .....	137
4.2. Определение состава газа дегазации .....	138
4.2.1. Определение углеводородов $C_1-C_{8+в}$ и неорганических газов .....	138
4.2.2. Определение примесей индивидуальных серосодержащих соединений .....	142
4.2.3. Определение метанола .....	145
4.3. Определение компонентно-фракционного состава дегазированного конденсата .....	149
4.3.1. Определение легких углеводородов $C_1-C_5$ .....	149
4.3.2. Определение углеводородов от $C_6$ до $C_{44}$ .....	150
4.3.3. Определение серосодержащих соединений в дегазированном конденсате .....	157
4.3.4. Определение метанола в дегазированном конденсате .....	162
4.4. Расчет состава нестабильного газового конденсата .....	163
4.4.1. Расчет компонентно-группового и компонентно-фракционного состава нестабильного газового конденсата .....	163
4.4.2. Расчет содержания ССС в пробах нестабильного газового конденсата .....	166
4.4.3. Расчет содержания метанола в пробах нестабильного газового конденсата .....	170
4.5. Определение детального химического состава проб нестабильного газового конденсата — практически приложения .....	172
4.5.1. Совершенствование нормативной базы .....	172
4.5.2. Проведение балансовых расчетов и расчетно-учетных операций .....	174
4.5.3. Исследование распределения метанола в технологических потоках .....	182
Глава 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НЕСТАБИЛЬНОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗГАЗИРОВАНИЯ ПРОБЫ (ПУТЕМ ВВОДА ПРОБЫ В ХРОМАТОГРАФ ПОД ДАВЛЕНИЕМ) .....	184
5.1. Дозаторы для прямой подачи проб под высоким давлением .....	184
5.2. Конфигурации газовых хроматографов для анализа проб нестабильного газового конденсата под высоким давлением .....	193
5.2.1. Блок-схема анализатора для определения компонентно-фракционного углеводородного состава .....	193
5.2.2. Блок-схема анализатора и оптимизация условий определения серосодержащих соединений в нестабильном газовом конденсате с вводом пробы под давлением .....	195
5.3. Прямая подача пробы нестабильного газового конденсата в газовый хроматограф под давлением .....	201

5.4. Градуировка хроматографа и условия проведения анализа .....	203
5.4.1. Градуировка и условия анализа по компонентам, определяемым с помощью детектора по теплопроводности и пламенно-ионизационного детектора .....	203
5.4.2. Градуировка и условия определения серосодержащих соединений .....	207
5.5. Результаты определения углеводородного состава бессернистого нестабильного газового конденсата .....	208
5.6. Определение серосодержащих соединений в нестабильном газовом конденсате .....	215
5.6.1. Сравнение двух подходов к определению серосодержащих соединений в пробах НГК .....	215
5.6.2. Результаты определения серосодержащих соединений в пробах нестабильного газового конденсата .....	216
5.6.3. Определение компонентно-фракционного состава проб серосодержащего нестабильного газового конденсата .....	217
<b>Глава 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПОНЕНТНО-ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ПЛАСТОВОГО ГАЗА — НОВЫЕ ПОДХОДЫ .....</b>	<b>221</b>
6.1. Расчет компонентного и группового углеводородного состава $C_n$ пластового газа .....	222
6.2. Расчет компонентно-фракционного состава пластового газа .....	231
6.3. Апробация разработанного комплекса методов .....	233
6.4. Детальный состав пластового газа в газоконденсатных исследованиях .....	235
<b>Глава 7. Определение состава легких углеводородных фракций .....</b>	<b>237</b>
7.1. Определение углеводородного состава сжиженных углеводородных газов и широкой фракции легких углеводородов .....	237
7.1.1. Условия выполнения хроматографического анализа .....	237
7.1.2. Результаты определения углеводородного состава сжиженных углеводородных газов и широкой фракции легких углеводородов .....	242
7.2. Определение серосодержащих соединений в легких углеводородных фракциях .....	244
7.2.1. Унификация российской и международной нормативной базы по оценке качества жидкой углеводородной продукции .....	244
7.2.2. Определение серосодержащих соединений в широкой фракции легких углеводородов и сжиженных углеводородных газов .....	246
7.3. Определение метанола в легких углеводородных фракциях .....	259
7.3.1. Отбор проб СУГ, ШФЛУ .....	259
7.3.2. Экстракция метанола водой из проб СУГ и ШФЛУ под давлением .....	259
7.3.3. Определение метанола в экстрактах .....	260
7.3.4. Результаты определения метанола в пробах широкой фракции легких углеводородов и сжиженных углеводородных газов .....	261
<b>Глава 8. Определение состава дистиллятов и стабильного газового конденсата .....</b>	<b>263</b>
8.1. Определение углеводородного состава дистиллятов и стабильного газового конденсата .....	263
8.1.1. Определение фракционного состава углеводородных продуктов методом физической разгонки .....	264
8.1.2. Определение фракционного состава дистиллятов и СГК методом газовой хроматографии .....	267
8.2. Определение серосодержащих соединений в дистиллятах и стабильном газовом конденсате .....	275
8.2.1. Актуальность проблемы .....	275
8.2.2. Краткий литературный обзор .....	281
8.2.3. Методики газохроматографического определения серосодержащих соединений .....	283
8.2.4. Результаты определения серосодержащих соединений в пробах углеводородной продукции .....	289
8.3. Определение метанола в стабильном газовом конденсате .....	297

Глава 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ В ПРИРОДНОМ ГАЗЕ.....	301
9.1. Определение ртути в природном газе с ее предварительным концентрированием.....	301
9.2. Результаты определения ртути в природном газе .....	305
9.2.1. Определение ртути в товарном природном газе.....	305
9.2.2. Определение ртути в газовых потоках Уренгойского завода по подготовке конденсата к транспорту .....	306
9.2.3. Определение ртути в газовых потоках Сосногорского газоперерабатывающего завода.....	308
9.2.4. ООО «Ставролен» .....	310
ЛИТЕРАТУРА.....	314