

Радослав Д. Мићић

ИСТОРИЈАТ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НАФТЕ И ГАСА

Индустријско инжењерство у експлоатацији нафте и гаса

Универзитет у Новом Саду
Технички факултет „Михајло Пупин”
Зрењанин
2019

Историјат експлоатације нафте и гаса

Аутор:

Доцент др Радослав Д. Мићић

Рецензенти:

Поф. др Звонимир Бошковић

Проф. др Нина Ђапић

Издавач:

Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин

За издавача:

Проф. др Драгица Радосав, декан Техничког факултета „Михајло Пупин“, Зрењанин

Редактура, лектура, коректура, регистар:

Владимир М. Николић

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

622.276(075.8)

МИЋИЋ, Радослав, 1955-

Историјат експлоатације нафте и гаса : индустријско инжењерство у експлоатацији нафте и гаса / Радослав Д. Мићић. - Зрењанин : Технички факултет "Михајло Пупин", 2019 (Нови Сад : NS Bigiprint). - 216 стр. : илустр. 107; 24 см. - (Библиотека Уџбеници / Технички факултет "Михајло Пупин", Зрењанин ; 233)

Тираж 30. - Библиографија.

ISBN 978-86-7672-319-5

а) Нафта -- Експлоатација -- Историја б) Гас -- Експлоатација -- Историја

COBISS.SR-ID 329537543

It is a miracle that curiosity survives formal education.

Albert Einstein

Реч аутора,

У овом уџбенику трудио сам се да дам шири преглед радова других аутора и прилагодим их студентима који се први пут срећу са историјским аспектима настанка и експлоатације нафте као основном темом.

Циљ ми је да се студенти заинтересују за ову материју, која ће се на вишим годинама студија детаљније обрађивати.

Дуго сам размишљао о структури уџбеника, и пошто нисам наишао на материјал који би ми могао послужити за узор, дао сам себи слободу да га структурирам на начин за који сам сматрао да је најприкладнији.

Покушао сам да направим уџбеник који ће објединити: настанак нафте и гаса (до тренутка када се може комерцијално експлоатисати) и значајне историјске аспекте везане за експлоатацију и прераду. Неко ће ми замерити што се нисам подједнако бавио свим регијама у свету. У једном оваквом уџбенику то је готово немогуће, а да се драстично не прошири његов обим.

За разлику од података везаних за историју експлоатације нафте у Србији, којих је мало, податке везане за друге регионе обилно сам налазио, али сам уврстио само најзанимљивије делове како не бих направио још већу диспропорцију.

Надам се да ће овај уџбеник некоме послужити не само као наставно учило, већ и као основа за даљу едукацију на комплекснији и дубљи начин.

Такође се надам да ће објављивање овог уџбеника иницирати и друге ауторе да га поправе, прошире и допуне.

Радослав Д. Мићућ

Зрењанин, јун 2019.

САДРЖАЈ:

1. НАФТА - УВОДНО ПОГЛАВЉЕ	1
1.1. Хипотезе о постанку Сунчевог система	1
1.2. Геолошка историја Земље	3
2. НАФТА	6
2.1. Шта је нафта?	6
2.2. Порекло нафте	7
2.3. Хипотезе о пореклу нафте и природног нафтног гаса	8
2.4. Прве теорије о настанку нафте	8
2.5. Новије хипотезе о настанку нафте	9
2.5.1. Порекло нафте из неорганског материјала – аноргански приступ	9
2.5.2. Хипотезе о космичком пореклу нафте и природног нафтног гаса	11
2.5.2.1. Кравцова хипотеза о постанку живота на Земљи	12
2.5.2.2. Дуплекс хипотеза о пореклу нафте	13
2.5.2.3. Абиогена синтеза аминокиселина	14
2.5.2.4. Против и у корист абиогених хипотеза	14
2.5.3. Порекло нафте из органског материјала – органски приступ	16
2.5.3.1. Прве хипотезе о мешовитом - органском пореклу нафте	18
2.5.3.2. Касније хипотезе о мешовитом – органском пореклу нафте	20
2.5.3.3. Хипотеза о седиментно-миграционој генези нафте	21
2.5.3.4. Најновије хипотезе о пореклу и генези нафте	22
2.5.3.5. Биолошки маркери	27
2.5.3.6. Резултати досадашњих истраживања	30
2.5.3.7. Питања без потпуних одговора	32
3. СТАДИЈУМИ У ФОРМИРАЊУ НАФТЕ (БИОГЕНА ТЕОРИЈА)	34
3.1. Први степен у формирању нафте, стварање хуминских материја од изумрлих микроорганизама	34
3.1.1. Кероген	36
3.1.2. Формирање керогена	38
3.1.3. Састав керогена	40
3.1.3.1. Тип I (<i>Type I: Sapropelic</i>)	43
3.1.3.2. Тип II (<i>Type II: Planktonic</i>)	44
3.1.3.3. Тип II (<i>Type II: Sulfurous</i>)	45
3.1.3.4. Тип III (<i>Type III: Humic</i>)	45
3.1.3.5. Тип IV (<i>Type IV: Residue</i>)	45
3.2. Формирање нафте и гаса од керогена	46
3.2.1. Сазревање керогена (матурација)	47
3.2.1.1. Ефекат сазревања керогена	48
3.2.1.2. Генерисање угљоводоника	50

3.3. Лежишта нафте и гаса	52
3.3.1. Матичне стене	52
3.3.2. Колекторске или лежишне стене	53
3.3.2.1. Порозност	54
3.3.2.2. Пропусност	54
3.3.3. Покровне — изолационе стене	55
3.4. Миграција угљоводоника	55
3.4.1. Примарна миграција	57
3.4.2. Секундарна миграција	57
3.4.3. Подела секундарне миграције	58
3.5. Типично нафтно-гасно лежиште	59
3.5.1. Засићење водом у порном простору	59
3.6. Дубинске структуре погодне за акумулацију угљоводоника	61
3.6.1. Типови замки	62
3.7. Класификација лежишта угљоводоника	63
4. ИСТОРИЈАТ УПОТРЕБЕ НАФТЕ И ГАСА	66
4.1. Историјат употребе природног нафтног гаса	66
4.1.1. Рана употреба нафте	67
4.2. Почетак употребе производа добијених од нафте (почетак прераде нафте)	69
4.3. Рана употреба битумена	70
5. ТЕХНИКЕ БУШЕЊА И ЊИХОВ РАЗВОЈ	73
5.1. Развој технологије и опреме за бушење	74
5.2. Ударна метода бушења — алат са каблом (<i>Cable Tool Rig</i>)	77
5.2.1. Основни принцип технике ударног бушења	77
5.2.2. Принцип технике, са „флексибилном граном”	77
5.2.3. Конструкција и опис рада	78
5.2.4. Почетно бушење (<i>Spudding</i>)	81
5.2.5. Опрема која се користила током експлоатације ударном техником	83
5.2.5.1. Торањ за бушење (<i>Drilling derrick</i>)	83
5.2.5.2. Клацкалица, хоризонтална греда (<i>Walking beam</i>)	84
5.2.6. Алати који су се користили током експлоатације, ударном техником	85
5.2.6.1. Длето за бушење (<i>Drilling bit</i>)	86
5.2.6.2. Ударна шипка за бушење (<i>Drill stem; Auger stem</i>)	89
5.2.6.3. Ударне маказе, ударац (<i>Jar</i>)	89
5.2.6.4. Тешка бушећа шипка (<i>The sinker bar</i>)	91
5.2.6.5. Спојница (стежаљка) бушећег ужета (<i>Rope socket</i>)	92
5.2.6.6. Кабл (<i>Rope</i>)	93
5.2.6.7. Подешљиви завртањ (<i>Temper screw</i>)	96
5.2.6.8. Делови подешљивог завртња	97
5.2.6.9. Рад са подешљивим завртњем	97

5.2.7. Помоћни алати који су се користили током експлоатације, ударном техником	98
5.2.7.1. Кашика за грабљање (<i>Bailer</i>)	98
5.2.7.2. Пецаљка, инструментација	100
5.2.7.3. Прво заглављивање алата и „сува бушотина”	102
5.3. Метода ротационог бушења	103
5.3.1. Принцип технике	104
5.3.2. Историјат ротационог бушења	105
5.3.3. Развој технике ротационог бушења	108
5.3.4. Хидрауличне методе	110
5.3.5. Дијамантско бушење, експериментално бушење 1865.	110
6. ИСТОРИЈА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НАФТЕ У ПОЈЕДИНИМ ЗЕМЉАМА	116
6.1. Нафтна индустрија на територији средњовековне Персије (Азербејџан и Баку)	116
6.2. Почеци прераде и проучавања нафте у Русији	119
6.3. Почеци експлоатације нафте у Европи	122
6.4. Индустрија нафте и гаса у Румунији	123
6.4.1. Историја експлоатације нафте у Румунији	123
6.4.2. Историја прераде нафте у Румунији	124
6.5. Индустрија нафте и гаса у Пољској	127
6.6. Историја експлоатације и прераде нафте у Америци	128
6.6.1. Прва бушотина у Америци у области Ноубл у Охају (Noble County)	129
6.6.2. Бушење браће Рафнер у Вирџинији	130
6.6.3. Експлоатације нафте у Пенсилванији	132
6.6.4. Експлоатација нафте у Тексасу (Спиндлтоп)	137
7. ИСТОРИЈА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НАФТЕ У ПАНОНСКОЈ НИЗИЈИ И НА БАЛКАНСКОМ ПОЛУОСТРВУ	141
7.1. Нафта у Панонској низији и на Балканском полуострву	141
7.2. Прва запажања о нафти у Панонској низији и на Балканском полуострву	143
7.3. Почеци употребе нафте у Панонској низији и на Балканском полуострву	146
7.3.1. Међимурје, Селница, Пекленица	146
7.3.2. Средњопосавска Славонија: Баћин Дол, Петрово Село и Новска	152
7.3.3. Мославина: Миклеушка и Клоштар Иванић	154
7.3.4. Средњохрватска Подравина, Лепавина и Велики Поганац	158
7.3.5. Славонска Подравина, Вировитица	159
7.3.6. Нафта у Словенији	159
7.4. Почетак индустријске прераде нафте на територији Југославије (област Панонске низије)	160
7.5. Предратне концесије и концесионе површине	161
7.6. Експлоатација нафте пре Првог светског рата	162

7.7. Експлоатација нафте пре и у току Другог светског рата	162
7.8. Експлоатација нафте након Другог светског рата	165
7.9. Експлоатација нафте у Хрватској до 1990-их	169
7.9.1. Савска депресија	171
7.9.2. Дравска и Мурска депресија	172
7.9.3. Славонско-сремска депресија	174
7.10. Експлоатација нафте у Хрватској након 1990-их, на највећим нафтним пољима	174
7.10.1. Бенићанци	175
7.10.2. Нафтно поље Ђелетовци	177
7.10.3. Гасно поље Молве	179
7.10.4. Гасно поље Анамарија (Annamaria)	180
7.11. Експлоатација нафте и гаса у Хрватској од 2010. до данас	181
7.12. Басени Босне	181
7.13. Србија — Војводина	184
7.13.1. Прва истраживања нафте у Банату	184
7.13.2. Послератна истраживања	185
7.14. Извори и литература	201

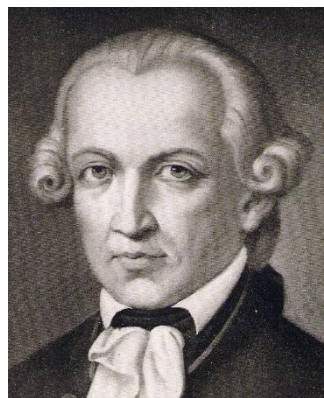
1. НАФТА - УВОДНО ПОГЛАВЉЕ

Историја нафте део је *геолошке историје планете Земље*, а *њена геолошка историја* део је *историје Сунчевог система*, односно, део *Космоса (Универзума)*. Због тога ова прича и почиње питањима о постанку и старости Универзума, о геолошкој историји Земље и о постанку живота на планети Земљи.

1.1. Хипотезе о постанку Сунчевог система

О постанку Земље као планете, као и о настанку Сунчевог система постоје бројне хипотезе. Суштински се оне разликују према томе што је према једнима Земља настала откидањем дела од неке веће масе, а према другима спајањем (кондензовањем) ситнијих честица. Најпознатије хипотезе о постанку Земље и Сунчевог система су: Небуларна, Планетезимална, Плимска, Глобуларна и Протопланетарна.

Небуларна или **Кант-Лапласова хипотеза** (Immanuel Kant – Pierre-Simon Laplace) заснива се на мишљењу да је на простору данашњег Сунчевог система постојао облак гаса и прашине који се касније кондензовао услед ротације и сопствене гравитације. Окретањем око своје осе, од маглине која се хладила и згушњавала, под дејством центрифугалне силе одвајали су се делови од којих су настали саставни делови будућег Сунчевог система. Земља је из усијаног прелазила у течно стање. Даљим хлађењем створена је чврста кора. Од централног дела масе формирало се Сунце.



Слика 1. Имануел Кант



Слика 2. Пјер-Симон Лаплас

Планетезимална хипотеза заснована је на мишљењу да се у одређеним околностима Сунце сусрело с неком звездом. Услед гравитационог привлачења на Сунцу настале су избочине које су биле још и увећане Сунчевом унутрашњом еруптивном активношћу. Због тога су велике количине гасовите материје избачене из Сунчеве масе до удаљености на којој се данас налазе планете. Материја спиралних кракова брзо се хладила, па је дошло до стварања чврстих честица које су назване **планетезимале**. Како су планетезимале временом повећале угаону брзину кретања настале су планете, које се налазе на различитој удаљености од Сунца.

Касније је установљено да Сунчеве избочине нису последица унутрашњих еруптивних процеса, па нису ни могле помоћи плимским силама звезде у одвлачењу материје даље од Сунца. То је разлог што ова хипотеза није прихватљива иако је могућ сусрет звезда на овај начин.

Плимска хипотеза Џинса и Џефрија (*J. Jeans and H. Jeffreys*) претпоставља одвајање плимског таласа од Сунца услед проласка неке друге звезде. Ова теорија је постављена 1925. године и представља варијанту планетезималне хипотезе. И према овој хипотези поред Сунца је прошла одређена звезда и због привлачне силе је изазвала откидање млаза Сунчеве гасовите материје, али је није потпуно привукла. Поступним удаљавањем од Сунца, њена привлачна сила бивала је све мања. Због тога је материја откинута од Сунца остала одвојена, хладила се, згушњавала и распала у више делова од којих су формиране планете у Сунчевом систему.

Глобуларна контракциона хипотеза за полазну тачку има глобуле – округле и веома непрозирне групе у свемиру. Величина глобула према приближној процени може бити неколико хиљада пута већа од Земљине путање, а маса слична маси неке звезде. Прорачуни су показали да се хладни облаци такве масе могу контраховати услед дејства силе гравитације. Зато се сматра да су глобуле уствари звезде у настајању, које се обликују од међузвезданог гаса и прашине. Могуће је да су Сунце и планете настали гравитационом контракцијом такве глобуле, те да је постанак планете био нормалан пропатни догађај уз стварање звезде. Главни разлог „изливања“ материје из унутрашњости звезде јесу почеци нуклеарних реакција као последица повећања температуре. С друге стране, оно је настало због компресовања материје звезде. Временом су од тих материја формирана тела Сунчевог система.

Протопланетарна хипотеза тј. теорија Карла Вајцекера (*Carl Friedrich von Weizsäcker*, 1912–2007) једна је од најприхватљивијих и представља допуну Кант-Лапласове хипотезе. Према тој хипотези облак гасова и прашине није ротирао као јединствени систем, већ као систем вртлога који је омогућио одвајање планета. Такође, полазне тачке гледишта јесу глобуле. Присталице ове хипотезе подразумевају да је Сунце много млађе него наша галаксија као целина и да је настало пре око пет милијарди година. Од глобула се компресијом и ротирањем формирао диск, мешањем и сударањем честица у диску настао је вртлог, а временом је дошло до приближно кружног кретања масе око центра. Централни део масе постепено је формиран у данашње



Слика 3. Карл Фридрих Вајцекер

Сунце, а само је десети део масе Сунца остао у региону диска из кога су се формирале планете.

Процену старости **Универзума (Космоса)** извршио је у својој студији **Дубоки поглед** амерички астроном Хабл (*Deep field*, Edwin Hubble), који се сматра једним од најважнијих астронома свих времена. Он описује свој рад везан за мерења помоћу најмоћнијег свемирског телескопа. Мерењима се дошло до сазвежђа удаљених од нас око 10 милијарди светлосних година, а најновијим мерењима старост Универзума процењена је на нешто више од 14 милијарди година, као и да је наше Сунце настало пре око пет, а планета Земља пре више од четири милијарде година.

1.2. Геолошка историја Земље

Старост планете утврђена је откривањем радиоактивних елемената и праћењем брзине распада радиоактивних изотопа у стенама и фосилима. На тај начин је настао геолошки „часовник”, на основу кога се може одредити протекло време.

Најдужи временски период је **еон**, који је подељен на **ере**. Ера се састоји од **периода**, а период од **епоха**.

Геолошка историја Земље (4,5 милијарди година) подељена је на четири велика геолошка раздобља – еона. Архаик је најстарији еон. Започео је пре око 3,8 милијарди година и завршио се пре око 2,5 милијарди година. Време пре ере архаика назива се пред-хаџама. Ово је време стварања Земље. Протерозоик траје од 2,5 милијарди до панерозоика – пре 570 милиона година. На раскршћу ова два доба постоје бескичмењаци.

Ера **Палеозоик** (од грчких речи παλαιός – стари и ζωή – живот) трајала је око 250 милиона година. Подељена је на периоде:

- Камбријум
- Ордовицијум
- Силур
- Девон
- Карбон
- Перм

Период камбријума трајао је у периоду од пре 600 до 500 милиона година, ордовицијум 500 до 425 милиона година, силур 425 до 400 милиона година, девон 400 до 350 милиона година, карбон 350 до 280 милиона година, и перм пре око 280 до 230 милиона година.

Палеозоик је време када су се појавили разни облици живота. Бројни фосилни остаци широм света су преживели. Међутим, уз необјашњиве разлоге, преко 90% свих живих организама изумрло је на крају ове ере.

Новe врстe животиња (између осталих и диносауруси) појавили су се у мезозооку, али се и ово доба такође завршило великим изумирањем живих бића. Процењује се да је око 80% свих живих организама нестало са Земљине површине. Претпоставља се да је узрок вероватно удар великог астероида у близини полуострва Јукатан у Мексичком заливу.

Еон	Ера	Период	Епохе	Трајање мил. год.	Почетак мил. год.	Догађаји
Фанерозоик	Кенозоик	Квартар	Холоцен		0 , 01	
			Плеистоцен	1,59	1 , 6	Преци човека
		Терцијар	Плиоцен	3 - 4	5	Фосил мастодонта, појава данашњег биљног света
			Миоцен	19	24	Образовање Алпа, <i>Moropus</i>
			Олигоцен	14	38	<i>Baluchiterium</i> , крупне птице тркачице
			Еоцен	17	55	Преци коња
			Палеоцен	10	65	Повлачење мора, ширење сисара
	Мезозоик	Креда		73	138	Примати, цветнице, нестанак диносауруса
		Јура		67	205	Птице
		Тријас		35	240	Диносауруси, сисари
	Палеозоик	Перм		50	290	Нестанак трилобита
		Карбон	Пенсилванија	40	330	Рептили
			Мисисипи	30	360	Папрати
		Девон		50	410	Амфибије, инсекти, биљке: семенце
		Силур		25	435	Рибе, оклопњаче, васкуларне копнене биљке
		Ордовицијум		65	500	Рибе
		Камбријум		70	570	Љускари, трилобити, бескичмењаци
Протерозоик				330	900	Алге
				1600	2500	Еукариотске ћелије
Архај					3800	Прокариотске ћелије
Преархајско време					4500	Формирање Земље

Табела 1. Геолошка историја Земље

Ера Мезозоик (значи „средње животиње“ састоји се од грчких речи *μέσο* – средње и *ζώο* – животиње. Често се зове *Доба средњег живота* или *Доба диносауруса*) трајала је око 180 милиона година и подељена је на периоде:

- Тријас
- Јура
- Креда

Ера *Кенозоик* (од грчких речи *νέος* – нов и *ζωή* – живот) је геолошка ера која је почела пре око 65 милиона година и траје и данас. Подељена је на периоде:

- Терцијер (подељена је на епохе: палеоген и неоген).
- Квартар (најкраћа, подељена је на епохе: дилuviјум и алувијум).

Појава живих бића. Сматра се да су се трагови најпримитивнијих живих бића на планети Земљи (сунђери и морске алге), појавили пре милијарду година (у ери прекамбријума), а човек пре милион година (у другој половини периоде квартара). Човек је ватру почео користити пре око 500.000 година.

Тешко је проценити када је човек постао свесно биће – *Homo sapiens*, али се сматра да први трагови културе потичу од пре 40.000 година. Не зна се ни то када се човек први пут сусрео с нафтом. Може се претпоставити да се тај сусрет догодио још у давном преисторијском периоду, када није ни могао знати на који начин да је користи. Било је то сигурно на местима на којима је „црна уљава течност” излазила из плитких лежишта кроз пукотине у Земљиној кори. Од тада па до почетака свесне употребе нафте и природног нафтног гаса као извора топлоте и светлости у корисне, ратне или ритуалне сврхе, сигурно је протекло много хиљада година.

Познато је да се поједина нафтна и гасна лежишта налазе у геолошким структурама старости десетина или стотина милиона година. То би значило да се генеза нафте и гаса, као и формирање њихових лежишта у Земљиној кори, догађала пре него што се појавио човек.

2. НАФТА

2.1. Шта је нафта?

Назив **нафта** персијског је порекла, настао од глагола нафата, (نَفَطَ знојити се, зној земље), док је назив петролеј (камено уље), са истим значењем, сложеница од грчке речи петрос (*πέτρα* – камен) и латинске речи олеум (*έλαιον* – уље).

У основи нафта је мешавина природних органских једињења насталих у Земљиној кори. Може бити течна или получврста природна материја. Састављена је претежно од смесе бројних угљоводоника уз садржај сумпора, азотних и кисеоникових органских једињења и мањег удела тешких метала. Најчешће је браон-зелене до смеђо-црне боје.

Када нафта долази директно из земље, уколико је, тамна и вискозна течност назива се сирова нафта, а уколико је светла, прозирна, испарљива и нестабилна течност назива се кондензат. Када је чврста, назива се асфалт (битумен), а када је получврста катран. У зависности од порекла и налазишта нафта се може значајније разликовати у саставу и зато је исправније говорити у множини, односно о нафтама. Разликују се у просечној молекулској маси, густини, тачки кључања, вискозитету и другим физичко-хемијским карактеристикама.

Нафта се налази претежно у засебним лежиштима, насталим под утицајем ерозионих процеса, миграцијом кроз пукотине из матичних у колекторске стене о чему ће детаљније бити писано у наредном поглављу. У тим лежиштима уз нафту налази се и земни гас који се претежно састоји од метана и примесе гасова и пара виших угљоводоника, затим сумпор-водоника, угљен-диоксида и других гасова.

Нафта је необновљиво, фосилно гориво и према томе је ограничене доступности. Међутим, још дуго времена представљаће главни извор енергије, откривањем нових извора, нових поступака производње из постојећих извора и побољшаним процесима прераде. Потражња је највише усмерена на лаке производе добијене из нафте (моторна горива, петрохемијске сировине, течни нафтни гас – TNG) и неке посебне производе (мазива, уља, битумен). Због растуће потребе за нафтним производима будућа истраживања кретаће се у смеру оптимизације процеса прераде, посебно развитком нових, трајнијих, активнијих и селективнијих катализатора, који омогућују блаже процесне услове (притисак, температуру, време задржавања, итд.).

2.2. Порекло нафте

Питањима *порекла* и *генезе нафте и гаса* бавили су се прво хемичари и геолози, а потом и минералози, биолози, бактериолози и биохемичари, а у новије време највише геохемичари. На темељу различитих сазнања и размишљања, створено је више различитих хипотеза и њихових варијанти. Међутим, о пореклу и токовима генезе нафте и гаса не постоји потпуно слагање ни данас. Наука о пореклу и генези нафте и природног нафтног гаса претрпана је различитим противречностима, неспоразумима и конфликтима. Такво стање ће вероватно још дуго потрајати, пошто се тешко може доћи до потпуног дефинисања њеног порекла и редоследа процеса настанка, миграција и акумулација, као и дефинисања фактора који су на све то утицали. Посебан проблем представљају сепаратна истраживања различитих струка. Без мултидисциплинарног приступа, мала је вероватноћа да ће се ускоро добити одговарајући одговори на ова постављена питања.

Прва систематичнија испитивања и научне расправе почеле су половином 19. века, када је почела и комерцијална производња нафте. Од тада па до данас уложено је много труда у ова испитивања, о чему постоји богата и опширна литература. Захваљујући свим досадашњим истраживањима, дошло се до многих сазнања о старости стена, о геолошким структурним облицима у којима се налазе лежишта нафте и гаса, условима у лежиштима, техникама бушења, производњи, хемијском саставу, као и о физичким особинама флуида и околних стена.

Познато је да се лежишта нафте и гаса налазе широм планете Земље, претежно у седиментним стенама различите старости – између десет и четири стотине милиона година, на различитим дубинама. Лежишта нису равномерно распоређена нити су подједнако богата. Међутим, потпуна и коначна усаглашеност у вези с пореклом и генезом нафте, као ни с временом настанка и начином стварања акумулација, не постоје ни данас. Нафта која се налази у стенама, процес њеног постанка и порекло материјала од кога је настала још увек су питања и предмет истраживања на које коначне одговоре тек треба пронаћи.

Начини и услови постанка нафте веома су сложени. Сваку хипотезу неопходно је посматрати с више аспеката. Код проучавања настанка примарног изворног материјала од којег је нафта настала, на основу хемијског и геолошког приступа, све хипотезе о њеном настанку могу се глобално поделити на: хипотезе које заступају њено *органско порекло* и на хипотезе према којима она има *анорганско порекло*.

Поред ове стриктне поделе, постоје и хипотезе које комбинују ова два приступа, што додатно компликује јасно детерминисање исправног приступа.

Због свега предходно изнетог у овом поглављу, укратко, ће бити наведене само неке занимљиве хипотезе о пореклу и генези нафте и гаса, нека слагања и неслагања, нека нова сазнања и коначно, питања која још чекају одговоре.

Римљани Плутарх и Плиније Старији нафту су називали *bitumen liquidum*, а асфалт *bitumen durum*. У записима из грчког и римског периода, алтернативно се користио израз асфалт и битумен. Претпоставља се да назив асфалт потиче из периода грчке, а битумен од римске културе.

2.3. Хипотезе о пореклу нафте и природног нафтног гаса

У литератури се често користи израз **Теорија о пореклу нафте и гаса**. Аутор овог уџбеника држи се дефиниције да се под појмом **теорија** подразумева научно потпуно **доказана хипотеза**, а у овом случају ниједна хипотеза није потпуно доказана. Због тога ће се користити појам — **хипотеза**.

Зависно од природе изворних материјала на које се истраживачи позивају све хипотезе о пореклу нафте сврстане су у две велике групе:

- хипотезе о неорганском или абиогеном пореклу нафте;
- хипотезе о органском или биогеном пореклу нафте.

Хипотезе о неорганском или абиогеном пореклу нафте подељене су још на минералне и космичке, а хипотезе о органском или биогеном, на варијанте о биљном, животињском и мешовитом биогеном пореклу.

Према садашњем мишљењу већине истраживача постоји више доказа у корист мешовитих биогених хипотеза, мада се не може рећи да су абиогене потпуно без научне основе.

2.4. Прве теорије о настанку нафте

Древни грчки филозоф **Аристотел** учио је да се све што смо додирнули или осетили, састоји од базних елемената: земље, ваздуха, ватре и воде. Ови елементи никада се не налазе у чистом стању и читав свет грађен је на основу мистериозне матрице особина, које окружењу дају карактеристике топлог и сувог, или супротне карактеристике, хладног и влажног. Земља је била сува и хладна, клима влажна и топла, ватра сува и топла, а вода мокра и хладна.



Слика 4. Аристотел

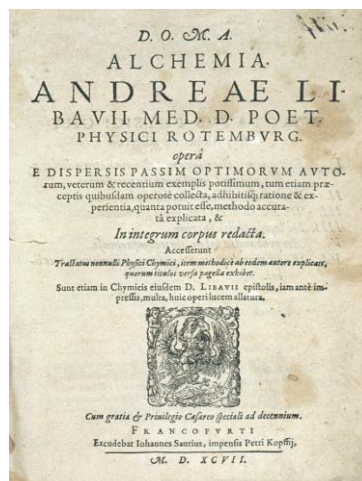
Аристотел је веровао да се камење, руде и фосили формирају као депозити (остаци) од издисаја, дубоко унутар Земље, заробљени у порама и пукотинама. Влажни издисаји производе метале, а суви камење. Аристотелови следбеници предложили су идеју да

битумен који ствара непријатан мирис, представља облик течног сумпора, једињења чије је настајање последица сувих издисаја.

Две теорије о пореклу нафте развиле су се током ренесансе. Популарнија је била она коју је предложио Георгијус Агрикола (*Agricola*), немачки лекар, природњак и хуманиста, присталица Аристотела. Он је 1546. године у свом уџбенику о рударству и минералима написао да се битумен формирао издисањем сумпора дубоко у земљи.

Насупрот њему, Андреас Либавиус (*Libavius*, 1555–1616), још један немачки лекар, у свом уџбенику хемије, који је објавио 1597. године, поставио је теорију, да се битумен формирао од смоле древних стабала.

Ове ране дискусије означиле су почетак дуге научне расправе о томе да ли је нафта настала абиогеним процесима или представља некада живу органску материју која се временом трансформисала у Земљиној кори.



Слика 5. *Alchemia* Andreae Libavii. Frankfurt, 1597.

2.5. Новије хипотезе о настанку нафте

2.5.1. Порекло нафте из неорганског материјала — аноргански приступ

Најраширенија варијанта анорганске теорије заступа хипотезу да нафта потиче из ужарене утробе Земље. Угљеник и водоник из усијане Земљине масе



Слика 6. Пјер Бертело

продирали су у тврду Земљину кору, деловањем високог притиска и температуре и уз присуство неких материја као катализатора, спајали су се у различите угљоводонике од којих се и састоји нафта. Овако настала нафта у великим дубинама, касније се пробијала кроз пукотине у више делове Земљине коре ближе површини и накопљала у шупљикавим и пропусним слојевима где је и данас налазимо.

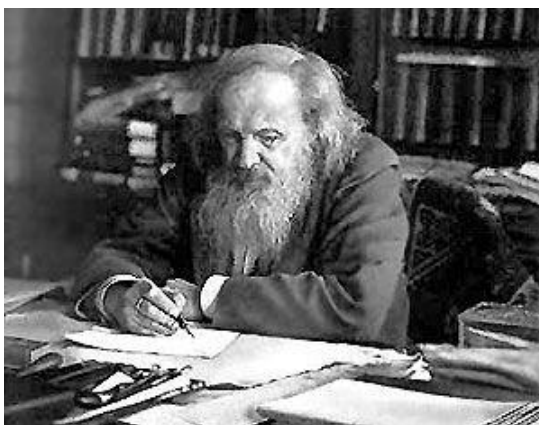
Као потврда анорганског приступа, наводи се да неке планете попут Јупитера, Сатурна као и неки њихови сателити садрже метан (најнижи парафински угљоводоник, који улази у састав нафте), па на основу тога научници који

заступају ову теорију, верују да је нафта настала током генезе планете Земље и да има космичко порекло.

Позивајући се на неке своје експерименте и на сличне радове других научника, прву такву хипотезу саопштио је **Пјер Бертело** (*Pierre Eugène Marcellin Berthelot*) 1866. године. Према тој хипотези основни материјал од којег је постала нафта био је *ацетилен*. Он развија своју претпоставку да су се у Земљиној кори формирали *карбиди* (једињења метала и угљеника), који у контакту с водом ослобађају ацетилен, и који се касније полимеризује и претвара у нафту.

Дмитриј Иванович Мендељејев (1834–1907) први је описао и 1877. године саопштио на састанку Хемијског друштва, основне принципе хипотезе о минералном пореклу нафте, која је касније названа *Карбидна теорија*.

Мендељејев је веровао да се у Земљиној кори налазе карбиди гвожђа, мангана и других метала, који су у контакту с топлотом водом или воденом паром, давали мешавину угљоводоника сличне нафтним. Његову хипотезу подржавали су својим експериментима 1878. **Клез** (*Klez*), а 1896. **Хенри Моасан** (*Ferdinand Frederick Henri Moissan*, 1852–



Слика 7. Дмитриј Иванович Мендељејев

1907). Касније су се присталице ове хипотезе позивале на индустријски развијене синтезе **Сабатје-Сандереса** (*Paul Sabatier; Jean-Baptiste Senderens*), **Фишер-Тропша** (*Franz Fischer; Hans Tropsch*) и **Ремзеја** (*Ramsay*), којима су се различитим хемијским процесима могли добијати угљоводоници.

Синтеза угљоводоника, Мендељејев, 1877. „Вода је продирала у дубину Земље и реакцијом с ужареним металима и металним карбидима стварала је смесу нафтних и водених пара. Таква смеша се по пукотинама премештала у хладније делове Земљине сфере. Један део смесе засићавао је стене и створио уљне шкриљце, други део је оксидовао и створио продукте сличне асфалту, а већи део је на један или други начин сагоревао и стварао угљеник (IV)-оксид (CO_2) и воду (H_2O). Нафтне паре уколико нису имале непосредан излаз до површине Земље, долазиле би до хладнијих слојева, ту се хладиле и под притиском горњих лежећих слојева испуниле слојеве песка” (Извод из рада саопштеног у Хемијском друштву, 1877).

Сабатје и Сандерес доказали су да се хидрогенацијом ацетилена, у присуству гвожђа и никла као катализатора, а зависно од температуре, могу добити алифатични и ароматични угљоводоници.

Према поступку Фишер-Тропша из водоника и угљен-монооксида (синтезни гас), у присуству гвожђа, кобалта и никла као катализатора, могу да се произведу велике количине угљоводоничних горива (према том поступку Немци су за време Другог светског рата производили моторна горива).

Ремзеј је 1923. године доказао да се хидрогенацијом угљеника, угљен-монооксида и угљен-диоксида, у присуству никла као катализатора, могу добити угљоводоници. Пошто је присуство никла већ било утврђено у неким нафтама, ова синтеза се наводи као могући доказ за абиогено порекло нафте и гаса.

2.5.2. Хипотезе о космичком пореклу нафте и природног нафтног гаса

Ове хипотезе спадају у другу групу абиогених хипотеза. Изложили су их и заступали **Бартиги (Bartiguy)**, **Соколов**, **Ададуров** и други.

Руски геолог **Владимир Дмитриевич Соколов** (*Владимир Дмитриевич Соколов*, 1855–1917) своју хипотезу о космичком пореклу нафте објавио је још 1889. године. Према његовом мишљењу у небеским телима, разуме се и у језгру планете Земље, налазе се огромне количине угљеника и водоника од којих су директном синтезом могли постати угљоводоници у најранијем периоду Земљине геолошке историје. Тако постали угљоводоници чинили су првобитну атмосферу планете Земље. Током процеса хлађења Земље, угљоводонике је из атмосфере апсорбовала магма. Из ње су се они касније, при формирању Земљине коре, ослобађали и као специфично лакши, кретали кроз пукотине према горњим слојевима у којима су на погодним местима током милиона година формирали лежишта.



Слика 8. В. Д. Соколов

Космичко порекло нафте; угљоводоници доказани у саставу метеорита, Соколов, 1892. „Угљоводоници су у Земљи од њеног постанка. Настали су кондензацијом гасних компоненти у периоду хлађења земље и сакупљали су се у стенама” (Извод из рада).

Као доказ за своју хипотезу Соколов наводи присуство метана у неким вулканским гасовима и присуство нафте и гаса у неким магматским и метаморфним стенама.

Присталице *космичких хипотеза* заснивају своје ставове на чињеници да је спектралном анализом доказано присуство угљоводоника на многим звездама, кометама и у гасовитом омотачу Сунца, као и у неким метеоритима који су пали

на Земљу. Осим тога, присуство угљоводоника, претежно метана, откривено је и у атмосфери планета: Јупитер, Сатурн, Уран и Нептун. Према аналогiji, присталице *космичких хипотеза* логично закључују да су и у некој фази формирања Земље могли постати угљоводоници директном синтезом од угљеника и водоника.

Занимљиво је истаћи чињеницу да угљоводоници откривени у атмосферама звезда, Сунца и комета, нису сагорели, а критичари космичких хипотеза тврде да земаљски угљоводоници не би опстали на високим температурама. Међутим, ако угљоводоници постоје у атмосфери звезда и тамо нису сагорели, зашто они не би на исти начин постали и опстали у некој фази формирања Земље и зашто не би формирали њену прву атмосферу, као што неки претпостављају? Уз одговоре на питања зашто угљоводоници нису сагорели у атмосфери звезда, треба тражити и одговоре на питање:

Да ли је сагоревање, који је оксидациони процес, могућ у редукционој атмосфери у којој је доминантан водоник, уз одсуство кисеоника?

С тим у вези треба истаћи да метан и водоник у вулканским гасовима такође не сагоревају, а ради се о запаљивим материјама.

С гледишта хемије, абиогене хипотезе и наведене синтезе угљоводоника биле су свакако занимљиве и прихватљиве због стварно могућих хемизама, а и због угледа њихових аутора. Каснијим геолошким истраживањима дошло се до неких сазнања којима су те хипотезе оповргаване, и неко време после тога биле су готово одбачене и заборављене.

Споменуте теорије читав проблем посматрају једнострано, само с хемијског становишта, док се геолошки услови занемарују. Иако су се синтезама у лабораторијским условима покушали опонашати претпостављени природни услови, нису постигнути резултати од већег значаја.

Међутим, присталице абиогеног порекла нафте не одричу се свог учења и наводе нове доказе. **Пикѐ** је још 1940. године покушао да оживи идеју о неорганском пореклу нафте. После тога јавили су се и други. Посебно треба истаћи занимљиве хипотезе **Кравцова** (*Кравцов А. И.*) и **Роберта Робинсона** (*Robert Robinson*).

2.5.2.1. Кравцова хипотеза о постанку живота на Земљи

Рашид Сјуњајев (*Рашид Алиевич Сюняв*) наводи схему коју је о постанку живота на Земљи објавио Кравцов. Према мишљењу Кравцова абиогеним процесима прво су постали гасовити угљоводоници, затим су њиховим повезивањем настали течни, а потом, низом других синтеза и промена јавио се живот. Због тога је доживео оштру критику, као и многи претходници. Међутим,

ако су тачне анализе о присуству угљоводоника у атмосфери неких звезда, нашег Сунца, комета, метеорита и неких планета, могло би се рећи да Кравцовљева хипотеза није била без научне основе.

Што се тиче Кравцовљеве хипотезе о постанку живота на Земљи требало би истаћи чињеницу да делови угљоводоничних структура чине основе масти, беланчевина, шећера, терпена и других супстанци у биљном и животињском свету. Када се данас говори о пореклу и генези нафте, већина размишља само о разлагању сложених органских материја до простих угљоводоника, а можда би било боље да се у размишљању вратимо на почетак: на стварање Универзума — звезда и планета, на постанак тешких елемената фузијом лакших елемената, као на постанак органске материје из неорганске, на даљу еволуцију и на велики скок према постанку живе материје од неживе, односно, на *постанак* живота на Земљи.

Очигледно је да су грешке првих твораца абиогених хипотеза биле у томе што су о еволуцији на Земљи размишљали фрагментарно уместо глобално.

Размишљајући о свему глобално, можда су нам **Кравцов** и **Робинсон** одшкринули врата према новим сазнањима.

2.5.2.2. Дуплекс хипотеза о пореклу нафте

Роберт Робинсон је 1962. објавио веома занимљиву идеју која у извесном смислу доводи у логичну везу абиогене и биогене хипотезе. Због тога је његова идеја названа *дуплекс хипотезом*.

Робинсон сматра да су угљоводоници првобитно постали абиогеним процесима у геолошко доба које је четири до пет пута старије од најстаријег периода које наводе присталице биогених хипотеза. Према њему могуће је да се синтеза угљоводоника одвијала слично поступку Фишер-Тропша или њему сличним поступцима. Много касније, примитивни микроорганизми су вероватно користили те угљоводонике као храну. На тај начин биолошки материјал доспео је у првобитне угљоводонике мешао се с њима и под утицајем низа геолошких и геохемијских фактора трансформисао се у материје, које су заједно са првобитним угљоводонцима, постале конституенти нафте.

Ако се крене Робинсоновом линијом размишљања, може се претпоставити да су микроорганизми на неким местима потрошили првобитне угљоводонике и да су њихови остаци били доминантни изворни органски материјал од којег је касније постала нафта.

Нема сумње да је Роберт Робинсон знао да у земљишту постоје различите гљивице и бактерије, које се могу адаптирати и хранити течним угљоводонцима нормалне структуре — алканима из средњих дестилата нафте

(о томе је реферисано на *Шестом међународном конгресу нафташа у Франкфурту на Мајни, 19–26. јуна 1963*).⁷

2.5.2.3. Абиогена синтеза аминокиселина

У прилог абиогеним хипотезама наводи се и експериментално доказана могућност абиогене синтезе аминокиселина, пурина и пиримидина из смеше водоника, метана, амонијака и воде, за које се сматра да су били главни конституенти првобитне Земљине атмосфере. Даље, међусобним повезивањем аминокиселина могу се добити беланчевине итд.

Данас се тешко може порећи чињеница да је у фази формирања Земљине коре органска материја настала синтезом из неорганских компонената преко низа сложених физичких и хемијских каталитичких процеса.

Да ли су прво постали угљоводоници или аминокиселине, или истовремено обе групе једињења, тешко је рећи, али да је органски свет настао из неорганског, више нема дилеме. Када, којим процесима и којим редом се то дешавало, може се само претпостављати.

2.5.2.4. Против и у корист абиогених хипотеза

Оштре критике на рачун хипотеза о абиогеном пореклу нафте упућивали су углавном творци и присталице биогених хипотеза. Неки њихови аргументи били су у корист, а неки против.

Против: У дубини Земље није доказано присуство металних карбида, а и да јесте, на високим температурама стене су у пластичном стању и у њима не постоје пукотине па вода из горњих слојева не би могла да доспе у ту зону.

У корист: Да ли је са сигурношћу доказано да у Земљиној кори заиста нема карбида или да се нису били формирали у току њене еволуције? Ако их сада стварно нема, могуће су две претпоставке:

А) Да су у некој каснијој фази хлађења Земљине коре ипак дошли у контакт с водом и били разграђени (потрошени), при чему су постајали неки угљоводоници и оксиди метала, а оксиди метала у Земљиној кори стварно постоје;

Б) Као термодинамички нестабилнија једињења, карбиди су временом могли прећи у стабилније карбонате и оксиде.

Против: Нафта се углавном налази у седиментним стенама. Ретка и углавном сиромашна лежишта нафте у еруптивним и метаморфним стенама постала су миграцијом из суседних седиментних формација. То се дешавало у случајевима када су магматске или еруптивне стене током времена постале накнадно

порозне. Примери таквих лежишта постоје и у нашој земљи у нафтним и гасним пољима Мокрина, Кикинде, Елемира, Јерменоваца и других места.

Мале количине метана нађене у гасовима неких вулкана, потичу из седиментних стена кроз које је магла пролазила.

У корист: У гасовима неких вулкана доказани су угљоводоници иако у њиховој околини није било седимената. У еруптивним материјалима вулкана Етне (Сицилија), Кракатау (Малајски архипелаг), Толиме (Анди) и угашеног вулкана Егмонта на Новом Зеланду, нађене су и мање количине течне нафте.

Присуство асфалтита (природни чврсти асфалт) примећено је у пегматитским жицама лежишта мангана у Шведској и Норвешкој, а нарочито је занимљив случај с течном нафтом у пегматитској жици у Канади.

Пегматит (грч. Пегматос = *јака веза*, енгл. *Pegmatite*, франц. *Pegmatite*, нем. *Pegmatit*, рус. *Пегматит*) је врло крупнозрна (зрна претежно > 1 cm у пречнику), леуократна, диашистна стена, која представља крајњи дериват гранитских и других интрузија.

Зрна ове магматске стене достижу величине и преко 20 mm. Карактеристично појављивање ових стена је у виду жица.



Слика 9. Пегматитска жица

Против: Нафте у већини случајева карактерише оптичка активност — ротирају раван поларизоване светлости — што се сматра доказом за њихово биогено порекло, а синтетички угљоводоници нису оптички активни.

У корист: Остаци биљака и животиња, а касније и бактерије, унели су међу првобитно створене угљоводонике и оптички активне материје. Ово је показао 1977. године Филипи (*Philippi*), који је истраживао нафту из периода терцијара из Калифорније, источног Тексаса и Луизијане (САД), доказао је да микробна разградња узрокује оптичку активност међу сировим нафтним угљоводонцима због селективне микробне обраде оптичких антипода присутних у примарним парафинским сировим нафтама. Оптичка активност је уочена у уским фракцијама тачке кључања засићених угљоводоника који кључају између 80 и 325 °C. Овај распон кључања је знатно испод распона молекулске тежине тетрацикличних и пентацикличних стерана и тритерпана, који су често познати да испољавају оптичку активност као особину наслеђену од њихове примарне биосинтезе. Оптичка активност, како је описао Филипи, међутим, тумачи се као секундарна карактеристика проузрокована биодеградацијом претходно не ротирајућих, рацемичних смеша угљоводоника. Хемијска структура угљово-