

БАЗОВЫЕ ИННОВАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОРЫВА В НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

BASIC INNOVATIONS FOR THE TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH IN THE OIL PROCESSING INDUSTRY

В статье проанализированы основные этапы инновационного развития энергетики, в том числе определены базовые инновации в мировой нефтеперерабатывающей промышленности с целью возможности их использования в Украине.

У статті проаналізовано головні етапи інноваційного розвитку енергетики, у тому числі визначені базові інновації у світову нафтопереробну промисловість з метою можливості їх використання в Україні.

The article analyzes the main stages of the innovative development in the power sector and defines basic innovations in the global oil processing in the context of their prospective use in Ukraine.

The author has conducted a research on the economic essence of category "innovation" as denoting one of the most important factors counteracting the economic crises. Its action consists in that innovations raise the demand for oil supply on the oil processing plants by increasing their processing efficiency.

Increased importance of innovations in the oil processing is partly due to the higher environmental requirements to the quality of consumed fuels and lubricants.

The article covers the condition of oil processing industry in Ukraine and in the most developed of the OECD countries. The author shows that profitable functioning of Ukraine's oil processing plants may be attained with the use of a comprehensive approach to their modernization involving the introduction of basic "breakthrough" innovations provided by specialized foreign companies.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающая промышленность, этапы инновационного развития энергетики, глубокая переработка нефти, облагораживающие процессы переработки нефти, экологичность моторных топлив, маржа нефтепереработки, сера, ароматика, бензин, дизельное топливо.

Введение. В силу объективных причин при строительстве нефтеперерабатывающих заводов в Украине в условиях низкой цены на нефть в бывшем СССР не учитывался достигнутый мировой уровень инновационного развития отрасли. Поэтому в условиях национальной независимости и резкого удорожания мировой цены на нефть возник дефицит в нефти и ухудшились показатели ее переработки на национальных НПЗ. Для ликвидации образовавшегося отставания в технологическом развитии нефтепереработки Украины от мирового уровня были определены базовые инновации с целью их внедрения на украинских предприятиях.

Период после Второй мировой войны был отмечен повышенным интересом к инновационному развитию энергетического сектора экономики и особенно в наиболее развитых в промышленном отношении странах. Позже в связи с повышением мировых цен на первичные энергоносители к ним присоединились и развивающиеся страны, в том числе и Украина. Все это не могло ни сказаться на достижениях в области технологических инноваций переработки нефти и росте публикаций и научных исследований по данной проблеме.

К наиболее известными украинским исследователям энергетических инноваций следует отнести таких отечественных ученых, как А.Шидловский [1], И.Карп [2], М.Ковалко [3], В.Кухарь [4], А.Клюев, Б.Крупский, В.Скляр, а также иностранных – Б.Кузык [5], Ю.Яковец [5], С.Фейгин, В.Школьников и Е.Радченко.

Постановка задания. Целью статьи является определение базовых инноваций нефтеперерабатывающих предприятий и механизма их реализации на украинских НПЗ.

Методология. Теоретической и методологической основой научного исследования является диалектический метод познания истины, методы статистической обработки и анализа информации, теоретического обобщения, анализа и синтеза, фундаментальные положения таких научных дисциплин, как маркетинг, международная экономика, теория рыночной экономики и инновационного менеджмента, труды отечественных и зарубежных авторов по проблемам инновационного развития энергетики.

Результаты исследования. Как показало проведенное исследование мирового рынка нефтепродуктов, его развитие за прошедшее пятидесятилетие во многом находилось под влиянием базовых инноваций технологического прорыва в нефтеперерабатывающую промышленность. Так из 78 зафиксированных за анализируемый период энергоинноваций на долю нефтяного сектора приходилось 28 наименований, или 35,9%, в том числе нефтеперерабатывающей промышленности 8, или 10,4%. Большая их часть приходилась на США, где этот показатель составил 37 наименований, или 47,4%, тогда как во Франции – 13 наименований, или 16,7% [6].

Повышенный интерес к инновациям в нефтяной сектор был вызван периодически повторяющимися нефтяными кризисами, а их внедрение сопровождалось увеличением ресурсов нефти и нефтепродуктов, в том числе за счет более эффективного их использования. Сегодня в мировой нефтеперерабатывающей промышленности находится 500 объявленных проектов: строительство 60 новых НПЗ, реконструкция 180 действующих, 180-проектов с улучшенными экологическими характеристиками и 80-разные. Важное место в реализации этих проектов отводится базовым инновациям [7].

Мировая нефтеперерабатывающая промышленность в своем развитии прошла три основных этапа, каждый из которых в той или иной степени вносил свой вклад в обновление технологии нефтепродуктов.

Каждому из этих этапов соответствовали свои базовые инновации и технологии первичной и глубокой переработки нефти, отвечающих экологическим требованиям и обеспечивающих рентабельность (маржу) НПЗ даже в случае значительного подъема мировых цен на углеводородное сырье.

Несмотря на то, что перегонка нефти была известна еще в начале нашей эры, условно принято считать началом первого этапа промышленной переработки нефти в 1823 г., то есть со дня сооружения в России нефтеперегонного завода с кубами периодического действия. Рост потребления керосина способствовал зарождению мировой промышленности по перегонке нефти. В 1860 г. русские промышленники на Апшеронском полуострове (пос. Сураханы) начали переработку нефти с использованием кислотно-щелочной очистки керосина. Уже в 1863 г. в г.Баку насчитывалось 23 нефтеперегонных завода, а в 1873 г. – 80 производительностью 16,35 тыс.т керосина в год. В это же время сооружаются нефтеперегонные заводы в Великобритании (1848 г.), США (1849 г.) и во Франции (1854 г.) [8].

В дальнейшем прогресс в области производства керосина и смазочных масел осуществлялся за счет совершенствования технологии, в том числе использования более производительного оборудования.

Основными продуктами нефтеперерабатывающей промышленности вплоть до начала 20 ст. были керосин (30-33% от общего объема) и мазут (65-69%). Кроме того в небольших количествах производили смазочные масла (2-3%) и бензин (3%). В то же время прогресс в машиностроении и зарождение автомобильной промышленности (с 1889 г.) выдвинули на повестку дня вопрос о пересмотре структуры выпускаемых нефтепродуктов.

Поэтому с 1911 г., когда мировой спрос на бензин впервые превысил этот показатель по керосину, принято считать началом второго этапа в развитии мировой нефтепереработки.

Уже в 1912 г. в США (В.Бартон) построили установку термического крекинга нефти с целью получения бензина. В 1913 г. компанией «Standart Oil Co» запатентован процесс крекинга, при котором выход бензина увеличивался до 30-35%, а в 1914 г. компания «Standart Asphalt Co» приобретает ряд патентов на производство нефтяных битумов (асфальта) и трансформируется в «Universal Oil Products Co» (UOP). Первый коммерческий нефтепродукт – изопропиловый спирт из нефтезаводских попутных газов произвела компания «ERLE». В 1921 г. UOP патентует установку термического крекинга «Dubbs». В начале 20-х годов 20 ст. Ф.Бергиус (Германия) вводит в эксплуатацию установку гидрирования тяжелой нефти с целью получения бензинов. Тогда же на смену кубовым батареям пришли атмосферные и вакуумные трубчатки, позволившие освоить производство высокооктановых бензинов, моторные и авиационные масла. В 1924 г. Создана компания «Ethyl Co» с целью выпуска тетраэтилсвинца для повышения октанового числа бензина. В 1935 г. UOP внедряет процесс каталитической конденсации – полимеризацию, который внес большой вклад в производство высокооктанового бензина и

авиационных топлив. К этому же времени относится начало широкого использования каталитического крекинга, который во время Второй мировой войны в США стал базовым процессом производства основного ассортимента моторного и авиационного топлива.

В 1949 г. UOP внедряет процесс каталитического риформинга или платформинга с монометаллическим катализатором, используемый для получения высокооктановых бензинов и ароматических углеводородов. В 1959 г. в США была построена первая установка гидрокрекинга – процесса селективного превращения и гидрогенизации углеводородного сырья в ценные продукты с более низким молекулярным весом.

Сегодня суммарная мощность украинских нефтеперерабатывающих заводов по первичной переработке нефти в 16,3 раза ниже, чем в США (табл. 1). В то же время средняя мощность одного украинского завода превышает мощность среднего завода США в 2,4 раза. Однако общая техническая оснащенность отечественных заводов процессами, углубляющими переработку нефти, крайне низка.

Так, мощности каталитического крекинга на заводах США превышают аналогичные мощности отечественных НПЗ в 5 раз, каталитического риформинга – 1,8 раз, а индекс комплексности Нельсона по Украине в 2,5 раза ниже, чем в США. За последние десять лет мощности первичной переработки нефти в Украине практически не изменялись.

Таким образом, проблемы мирового рынка нефтепродуктов усиливаются тем, что продукция большинства малых НПЗ не отвечает растущим требованиям к качеству нефтепродуктов. Поэтому ужесточение требований к качеству моторных топлив трансформируется в глобальную проблему.

Проанализируем какие проблемы приходится решать сегодня производителям бензина в Украине и остальных странах на постсоветском пространстве. В СНГ по сравнению с США бензин выпускается в десятки раз в меньшем количестве и худшего по компонентному составу качества (табл. 2). Прежде всего, в нем высока доля прямогонного бензина и риформата при низком содержании бензинов каталитического крекинга, изомеризата и алкилата. Кроме того, в этих бензинах низкая доля оксигинатов и практически отсутствуют присадки, улучшающие моющие, противоизносные и антикоррозионные свойства.

Стремление к ликвидации дисбаланса на внутренних рынках с акцентированием внимания не только на количестве, но и на качестве нефтепродуктов подкрепляется в мировой нефтепереработке разработкой и реализацией инновационных решений. Среди последних: новые процессы каталитического гидрокрекинга с повышенным выходом дизельного и реактивного топлива при минимальном содержании в них серы; гидроочистка и гидрообессеривания, более современные информационные технологии для планирования и управления предприятиями нефтегазового комплекса.

Таблица 1

Характеристика базовых мощностей мировой нефтепереработки [9]

Процессы	Мощность, % первичной переработки					
	Во всем мире	В России	В США	В Западной Европе	В Японии	В Украине
1. Углубляющие переработку нефти, всего в том числе:	40,7	20,1	71,7	42,7	29,3	12,9
Каталитический крекинг	17,9	5,9	35,9	15,7	17,1	7,2
Гидрокрекинг	5,6	0,4	9,3	6,3	3,5	–
Термический крекинг+висбрекинг	5,3	5,3	0,4	12,3	–	0,6
Коксование	5,5	1,9	14,7	2,6	2,1	1,8
Производство битумов	2,7	3,7	3,7	3	2,9	2,6
Производство масел	1	1,5	1,1	1	0,9	0,7
Прочие	2,7	1,4	6,6	1,8	2,8	–
2. Повышающие качество продукции, всего в том числе	45	36,36	75	60	88,6	25,6
Риформинг	11,8	11,3	18,6	12,6	12,9	10,1
Гидроочистка						
<i>бензиновых фракций (без риформинга)</i>	4,4	–	4,6	10,7	3,3	–
<i>дистиллятов</i>	20,9	24,5	38,5	27,1	48,2	15,0
<i>остатков и тяжелого газойля</i>	4,4	0	4,1	5,7	23,1	–
Алкилирование	1,9	0,1	5,8	1,3	0,7	–
Изомеризация	1,3	0,4	2,7	2,2	0,3	0,5
Производство ЭТБЭ	0,3	0,06	0,7	0,4	0,1	0,25
Вторичные процессы, всего	85,7	56,46	146,7	102,7	117,9	38,5
Индекс Нельсона	–	5,2	11,7	8,3	–	5,2

Таблица 2

Компонентный состав бензинов производства СНГ и США [9]

Показатели	СНГ	США
Общий объем выпускаемых бензиновых фракций, млн. т/год	30,2	352
% от общего объема переработки нефти	15,6	41,9
Компонентный состав, % (об.)		
бутаны	3,6	7
риформат	56,3	34
бензины каталитического крекинга	20,4	36,1
изомеризат	1,9	5
алкилат	0,6	11,2
оксигинат	1,5	3,6
бензины прямой перегонки и гидропроцессов	15,7	3,1
Октановое число (среднее по исследовательскому и моторному методу)	82	89

Украина также как и Россия по этим позициям отстает от США и других развитых в промышленном отношении стран.

Разница в технологической структуре определяет и существенное отличие глубины переработки (отношение суммарного выхода нефтепродуктов, кроме котельного топлива, к объему переработки сырья). В США и Канаде этот показатель составляет 94-96%, в странах ЕС – 83-88%, в Японии – 81%, а в Украине и России – 71%. По расчетам специалистов в условиях России каждый миллион рублей капитальных затрат в углубление переработки нефти позволяет высвободить более трех миллионов рублей, направляемых в добычу нефти для получения такого же количества моторных топлив при существующей низкой глубине переработке нефти [10].

Как видно из проведенного анализа во время второго этапа высокоразвитыми в промышленном отношении странами в основном были решены вопросы создания базовых инноваций, обеспечивающие технологический прорыв в нефтепереработке, сопровождающийся увеличением в производстве доли высококачественных моторных топлив и смазочных материалов для современных видов техники. В то же время технический прогресс в разных отраслях экономики сопровождался ужесточением экологических требований, предъявляемых к качеству нефтепродуктов. Поэтому характерной особенностью третьего периода в развитии нефтепереработки, который продолжается с 60-х годов прошлого века по настоящее время является улучшение экологических показателей качества нефтепродуктов. В связи с этим следует отметить следующие базовые инновации, характерные для этого этапа развития отрасли [7]:

- в 1960 г. строительство первой установки процесса Мэрокс компании UOP, с помощью которого удалялся запах серы из бензина;
- в 1972 г. UOP внедряет процесс «CCR платформинг» для непрерывного производства бензина, не содержащего свинец;
- в 1979 г. США инициируют новую программу с целью сокращения, а в 1988 г. и полного отказа от применения тетраэтилсвинца в бензинах;
- в 1990 г. поправки США в «Акте о чистом воздухе» стимулируют масштабное изменение состава бензинов в сторону улучшения их экологических свойств.

К решению экологических задач в области нефтепереработки страны ЕС приступили еще в начале 80-х годов XX века, когда было принято законодательство о чистом воздухе. Основным направлением работ по транспортному сектору предусматривалось снижение токсичности выхлопных газов автомобилей, в том числе за счет использования моторных топлив с пониженным содержанием серы.

За рассматриваемый период времени страны ЕС значительно улучшили качество вырабатываемых моторных топлив, чему во многом способствовало достижение консенсуса между заинтересованными сторонами (нефтепереработчики, конструкторы автомобилей, Еврокомиссия и правительство) о необходимости ориентации в перспективе на приоритетное производство малосернистых автомобильных бензинов и дизельных топлив.

Современные взгляды Евросовета и парламента по директиве Еврокомиссии на качество моторных топлив 98/70/СЕ представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Качество нефтепродуктов в странах Евросоюза.
Директива 98/70, измененная в мае 2001 г. [11-12]**

	1996 г.	2000 г.	2005 г.	2011 г.
Автомобильный бензин, спецификация (EN 228)				
Сера, Wppm, max	500	150	50 (10)	10
Бензол, % (об.) max	5	1	1	1
Ароматика, % (об.) max	–	42	35	35
Олефины, % (об.) max	–	18	18	18
Кислород, % (об.) max	2,7	2,7	2,7	2,7
Дизельное топливо, спецификация (EN 590)				
Сера, Wppm, max	500	350	50 (10)	10
Цетановый индекс, min	49	51	51	51
Полиароматика, wt% max	–	11	11	11
Давление, кг/л max	860	845	845	845

Таким образом, большую роль в реализации инновационных достижений в технологической и других сферах сыграла институциональная деятельность государств в области экологичности нефтеперерабатывающей промышленности.

Начало нового этапа инновационного развития нефтепереработки ознаменовалось наряду с внедрением новейших технологий изменением подходов новаторских НПЗ к бизнес-процессу и повышением требований к квалификации обслуживающего персонала. В то же время основными задачами развития нефтеперерабатывающих предприятий продолжают оставаться увеличение прибыли, обеспечение необходимого уровня безопасности, выполнение требований нормативных документов, особенно экологического характера. Наряду с этим перед отраслью стоят такие проблемы, как реструктуризация штата производственного персонала, повышение его квалификации и работа в условиях конкуренции, принявшей глобальный характер [13-15].

Поэтому если в конце 80-х - 90-х гг. XX в. автоматизация охватывала отдельные установки или их комплексы, то уже в конце прошлого столетия осуществляется разработка концептуального проекта НПЗ будущего и модель интеллектуального НПЗ. Среди основных десяти ключевых идей для проектирования НПЗ нового поколения большая часть в той или иной мере связана с автоматизацией производственных процессов - минимальное техобслуживание, длительная безостановочная работа, создание производственных центров, безопасность, гибкость и простота. Гибкость технологической схемы такого НПЗ позволяет регулировать выработку бензина и дизельного топлива в зависимости от рыночного спроса (рис. 1).

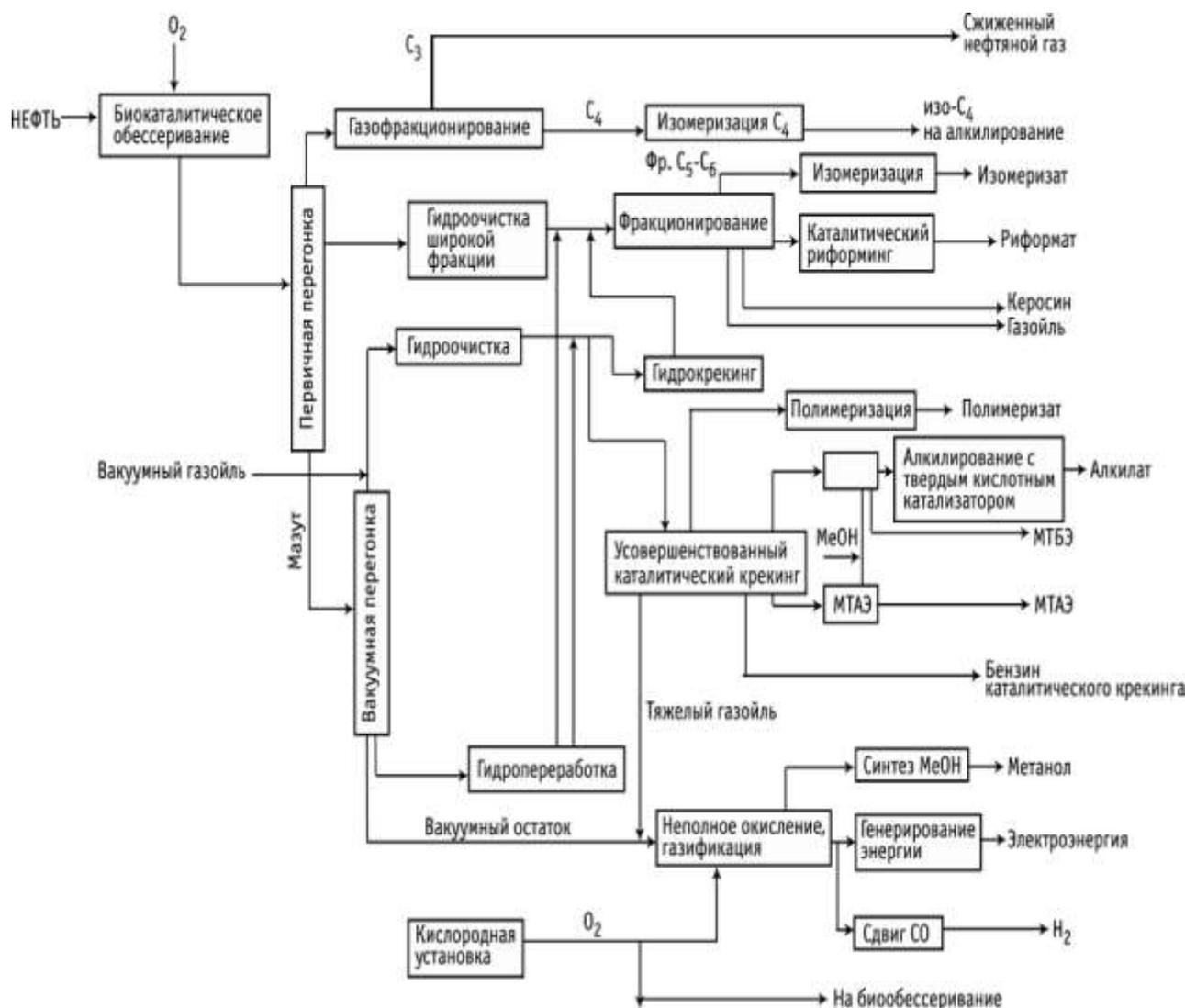


Рис. 1. Технологическая схема НПЗ нового поколения [15]

Реализация концепции «интеллектуального НПЗ» на практике означает более широкое использование возможностей автоматизации для обеспечения эффективности производства. В этих условиях автоматизация является моделью предельной эффективности НПЗ, обеспечивающая оптимальное использование производственных мощностей, максимальную продуктивность при минимальной энергоемкости процессов, сокращение общезаводских и непроизводственных расходов, безаварийную работу предприятия, стопроцентное соответствие требованиям по охране окружающей среде.

Нефтеперерабатывающую промышленность не относят к высокорентабельной отрасли, так как основная часть прибыли для наиболее крупных мировых компаний поступает из сектора розничной продажи нефтепродуктов. За прошедшее десятилетие наибольший уровень рентабельности (маржи) показывала нефтепереработка США, которая характеризуется наиболее высокой глубиной переработки нефти и технологической сложностью производства, позволяющей с одинаковой эффективностью перерабатывать нефти различного качества. В то же время

маржа нефтепереработки в странах Евросоюза и АТР характеризовалась относительной стабильностью, которая снижалась в отдельные годы во время резкого повышения мировых цен на нефть. Особенно негативно на падение прибыльности мировой нефтепереработки отразился финансово-экономический кризис 2008-го г. [16].

Для координации научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ по разработке и внедрению новых инноваций в нефтяной сектор экономики в промышленно-развитых странах созданы и успешно работают национальные институты нефти, среди которых наиболее известными являются институты США, Франции, Великобритании и Бельгии.

Выводы. Научная новизна полученных результатов заключается в том, что выделены базовые инновации технологического прорыва и обоснованы основные этапы в развитии нефтеперерабатывающей промышленности Украины: внедрение процессов первичной переработки нефти, технологии глубокой переработки нефти, облагораживающих процессов производства моторных топлив.

В данной работе была поставлена и решена задача определения базовых инноваций для модернизации нефтепереработки Украины и обоснования механизма их реализации. Модернизацию отечественных НПЗ целесообразно проводить за счет внедрения базовых технологий глубокой переработки нефти и облагораживающих процессов с широким использованием информационных технологий. В качестве эталонного НПЗ для Украины рекомендуется ориентироваться на действующие в США предприятия, где достигнуты наиболее высокие в мире показатели по глубине переработки нефти, качеству нефтепродуктов и по рентабельности (марже) производства. С целью ускорения прогресса в институциональной деятельности нефтеперерабатывающей отрасли предлагается Украине интегрироваться в энергетические процессы, происходящие в рамках законодательства стран Евросоюза – Зеленая книга [17].

Полученные результаты могут быть использованы Министерством энергетики и угольной промышленности для корректирования энергетической политики Украины в области модернизации нефтеперерабатывающей промышленности и разработки стратегии перехода национальных НПЗ на европейские стандарты качества моторных топлив.

В дальнейшем планируется разработать модель современного НПЗ с учетом базовых технологий и экологических требований с целью строительства новых и модернизации действующих НПЗ.

Литература

1. Енергетичні ресурси та потоки / [під заг. ред. А.К. Шидловського] – К.: Українські енциклопедичні знання. – 2003. - 472с.
2. Карп И.Н. Нефтегазовый сектор Украины и его роль в Черноморско-Каспийском межрегиональном сотрудничестве / И.Н.Карп // Экотехнологии и ресурсосбережение.- 2003.-№11.-С.3-10.
3. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття / [під заг. ред.

- А.К. Шидловського, М.П.Ковалка] – К.: Українські енциклопедичні знання, 2001. – 400 с.
4. Ковалко М.П. Энергетична безпека України: чинники впливу, тенденції розвитку / М.П.Ковалко, А.К.Шидловський, В.П.Кухар.-К.:УЕЗ, 1998.-160с.
 5. Кузык Б.Н. Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва / Б.Н.Кузык, Ю.В.Яковец.- М.: ЗАО Издательство «Экономика», 2004.-633с.
 6. Martin J.-M. Innovations energetiques au cours des dernieres decennies / J.-M.Martin // Revue de l'Energie.-1999.- №508.-С.364-372.
 7. Refining milestones // Oil and Gas j.-1999.-Vol.97.-№50.-P.116.
 8. Дегтярев А.Н. Эволюция отраслевых рынков и нефтегазовый бизнес / А.Н.Дегтярев, В.А.Максимов, В.В.Аношин.- Уфа: РИА БашГУ, 2003.-100с.
 9. Назарчук Л.М. Инновации в нефтегазовый комплекс: Монография / Л.М.Назарчук.-К.: Национальная академия управления, 2007.-280с.
 10. Злотников Л.Е. Основные направления повышения эффективности действующих мощностей НПЗ России в настоящее время и до 2010 г. // Л.Е.Злотников // Нефтепереработка и нефтехимия.-2004.-№1.-С.5-10.
 11. Веннер С.Ф. Законодательные акты ЕС об охране окружающей среды обуславливают ужесточение требований к моторным топливам / С.Ф.Веннер // Нефтегазовые технологии.- 2000.-№5.-С.81-86.
 12. Szimanski R. Production de carburants a tres faible teneur en soufre et progres technique du raffinage / R.Szimanski, C.Baudouin // Revue de l'Energie.-2002.-№539.-P.517-522.
 13. Nakamura D. Worldwide refining capacity declines slightly in 2001 / D.Nakamura // Oil and Gas j.-2001.-99.-№52.-P.68-70, 72.
 14. Sautos E.M. L'innovation technologique comme source majeure d'avantage concurrentiel dans l'industrie petroliere / E.M.Sautos // Revue de l'Energie.-1998.-№497.-P.230-241.
 15. Бурлака В.Г. Трансформация рынков нефти и газа: Монография / В.Г.Бурлака, Р.В.Шерстюк.-К.:НАУ, 2005.-320с.
 16. BP Statistical Review of World Energy 2010: [Електронний ресурс] Режим доступу: http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf .
 17. Green paper. A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES: [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0105:FIN:EN:PDF>