МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Б. А. Казаков, А. С. Лучников

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОНОМИКА ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Допущено методическим советом
Пермского государственного национального
исследовательского университета в качестве
учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению подготовки бакалавров
«География»

Пермь 2017

УДК 658.5(075)
ББК 65.291.8
К14

Казаков Б. А.

К14 География и экономика видов деятельности. Основы промышленных производств: учеб. пособие / Б. А. Казаков, А. С. Лучников; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – 252 с.

ISBN 978-5-7944-2880-3

Раскрываются технологические особенности производства и географические особенности размещения предприятий базовых видов промышленной деятельности, составляющих основу российского индустриального комплекса. Оценивается их вклад в социально-экономическое развитие страны. Характеризуются основные проблемы развития отдельных промышленных отраслей. Рассматриваются перспективные направления их технологического совершенствования в соответствии с направлениями современной НТР.

Издание предназначено для студентов географического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 05.03.02 «География».

Ил. 145. Табл. 26. Библиогр. 39 назв.

ББК 65.291.8
УДК 658.5(075)

Печатается по решению редакционно-издательского совета Пермского государственного национального исследовательского университета

Рецензенты: кафедра физической и общественной географии Удмуртского государственного университета (зав. каф. – канд. геогр. наук, доцент ***В. П. Сидоров***); д-р геогр. наук, профессор кафедры региональной экономики и экономической географии Российского университета дружбы народов ***И. А. Родионова***

ISBN 978-5-7944-2880-3

© ПГНИУ, 2017
© Казаков Б. А., Лучников А. С., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ……... 5
1. Основные технологии в топливно-энергетическом комплексе 9
1.1. Состав и роль комплекса в российской экономике ……. 9
1.2. Топливо и его характеристики ……... 11
1.3. Особенности добычи и переработки углей …….. 13
1.4. Основные технологии добычи и переработки нефти …… 24
1.5. Основные технологии добычи и переработки природного газа …… 37
1.6. Технологические схемы производства электроэнергии … 45
1.6.1. Значение электроэнергетики в национальной и мировой экономике. Общие принципы размещения электроэнергетических мощностей. Электроэнергия как товар …… 45
1.6.2. Особенности производства и передачи электроэнергии ……. 52
1.6.3. Тепловая энергетика: основные виды предприятий и технологии работы электростанций ……. 55
1.6.4. Ядерная энергетика: основные виды предприятий и технологии работы электростанций ……... 59
1.6.5. Гидроэнергетика: основные виды предприятий и технологии работы электростанций ……... 65
2. Технологии выплавки черных и цветных металлов …… 71
2.1. Состав, роль и значение металлургических производств в современной экономике России …… 71
2.2. Основные технологические процессы в черной металлургии ……. 74
2.2.1. Сырье для производства черных металлов и процессы его подготовки ……... 75
2.2.2. Доменное производство ……. 77
2.2.3. Технологии выплавки стали ……. 81
2.2.4. Разлив стали и прокатное производство …….. 86
2.2.5. Порошковая металлургия …….. 88
2.3. Технологии выплавки основных цветных металлов …… 89
2.3.1. Медная промышленность …….. 93
2.3.2. Производство глинозема и выплавка алюминия……. 97
2.3.3. Выплавка магния …… 101
2.3.4. Выплавка титана ……. 102
3. Основные технологии в машиностроении ……... 104
3.1. Состав машиностроительных производств ……... 104
3.2. Роль и значение машиностроения в экономике страны ….. 106
3.3. Понятие о машинах и современные машинные технологии 108

3.4. Основные технологии и сырье в машиностроительном производстве …… 113
3.4.1. Литейное производство …….. 117
3.4.2. Механическая обработка отливок и заготовок …….. 122
3.4.3. Сборочное производство и последующие операции .. 126
4. Основные технологии лесозаготовки и деревообработки …… 129
4.1. Древесина и ее свойства …….. 129
4.2. Лесной комплекс и лесные ресурсы …….. 131
4.3. Технологии лесозаготовительной деятельности ……. 141
4.4. Технологии лесопиления …… 145
4.5. Производство фанеры ……. 148
4.6. Технологии в целлюлозно-бумажной промышленности …. 150
4.7. Производство пластифицированных плит из древесины 156
4.8. Химическая и термическая переработка отходов лесной промышленности ……. 159
5. Основные технологии химических производств …… 162
5.1. Состав химических производств и технолого-географические особенности их размещения …….. 162
5.2. Роль химических производств в экономике России …… 166
5.3. Производство продуктов основной химии ……... 170
5.3.1. Производство минеральных удобрений …….. 170
5.3.2. Производство соды ……. 178
5.4. Технологии химии полимерного синтеза …… 181
5.4.1. Технологии производства химических волокон и нитей ……. 182
5.4.2. Получение синтетических смол, пластмасс и изделий из них …… 186
5.4.3. Производство синтетических каучуков и резинотехнических изделий ……..... 189
Список рекомендуемых источников ……. 198
Приложения ……... 201

ПРЕДИСЛОВИЕ

Раздел «Основы промышленных производств» является частью дисциплины «Технологии и география промышленных производств и комплексов» в учебном модуле «География и экономика видов деятельности». Изучение этого раздела направлено на раскрытие связей между технологическими особенностями промышленных отраслей с географией их размещения и экономическими аспектами их функционирования.

В учебном пособии решаются следующие задачи:

1) ознакомить студентов с многообразием промышленных видов деятельности, особенностями их производственных процессов, необходимым сырьем, используемым для этого, и производственным оборудованием;

2) раскрыть роль того или иного вида экономической деятельности в современной экономике России;

3) выявить технологические связи между отдельными видами промышленной деятельности и внутри них, реализуемые в виде энергопроизводственных циклов;

4) рассмотреть влияние особенностей технологий производства на выбор места размещения отдельных предприятий и промышленных комплексов разного уровня;

5) определить проблемы современных промышленных производств и направления их технологического совершенствования.

Указанные задачи тесно согласуются с основными направлениями развития географического образования:

– повышение его комплексности в результате взаимодействия социально-экономической географии и региональной экономики, социально-экономической географии и технологии как науки;

– расширение общенаучной картины мира через раскрытие проблем и направлений развития современной НТР;

– повышение практической значимости через знание закономерностей, условий и факторов размещения промышленных предприятий и умение применить эти знания для изучения и проектирования территориально-производственных сочетаний различного уровня и назначения.

О важности изучения основ промышленных производств писали многие классики отечественной экономической географии. Так, ***Н.Н. Баранский*** упоминал, что «технические знания имеют для экономико-географа лишь вспомогательное значение, однако в известном объеме они ему совершенно необходимы. Экономико-географ должен знать, хотя бы по отношению к более важным и более распространенным отраслям, что из чего делается и при каких способах производства и с какой калькуляцией. Без этих, хотя бы *самых элементарных знаний экономико-*

географ совершенно не в силах разобраться в вопросе размещения ряда промышленных отраслей» [1]. ***Н.Н. Колосовский*** характеризовал экономическую географию как науку, имеющую дело как с природными факторами, так и с производством и его техникой. В связи с этим она использует «…для своих обобщений итоги исследований о закономерностях размещения по территории, о характере, качествах и масштабах природных производительных сил…., а кроме того, итоги исследований технических дисциплин и различных прикладных экономических дисциплин о закономерностях развития производственных процессов, *о взаимных экономических и технологических связях и о технико-экономических условиях достижения наивысшей производительности труда на производстве*»[2].

Место основ промышленных производств в подготовке географов-обществоведов определяется несколькими важными следствиями получения знаний о технологических процессах на предприятиях:

1) знание технологий производства – особенности использования разнообразного сырья – география сырьевых баз;

2) знание технологий производства – многообразие ассортимента готовой продукции – география рынков сбыта промышленной продукции;

3) знание технологий производства – особенности протекания технологических операций – изучение закономерностей, факторов и условий географического размещения предприятия и комплексов;

4) знание технологий производства – возможности внутри- и межвидовых взаимодействий – создание различных территориально-производственых сочетаний, изучение особенностей территориальной организации промышленности в целом.

Учебные пособия ***М.Р. Плоткина*** (1977) и ***А.Ф. Куракина*** (1981) с соавторами сохранили свою значимость для использования в учебном процессе на географических факультетах России, но в связи со сменой общественных приоритетов в стране, развитием техники и технологий под влиянием современных направлений НТР, изменением географии размещения многих видов промышленной деятельности утратили некоторую степень своей актуальности и «свежесть». Учебное пособие ***М.П. Ратановой*** (1999) раскрывает экологические аспекты промышленных производств и не уделяет внимание подробному описанию их технологий. Подобное же относится и к учебному пособию ***А.Т. Хрущева*** (1990). Оно посвящено теоретическим и практическим аспектам географического изучения промышленных производств и комплексов. Учебное пособие ***Н.В. Нестерова*** (2002), наоборот, делает акцент на описании технолого-

[1] Баранский Н.Н. Методика преподавания экономической географии. М.: Учпедгиз, 1960. С. 432.

[2] Колосовский Н.Н. Избранные труды. Смоленск: Ойкумена, 2006. С. 74.

производственных процессов. Таким образом, представленное учебное пособие должно ликвидировать пробел в учебной литературе подобной тематики.

Издание состоит из пяти глав, посвященных характеристике технологических особенностей следующих видов промышленной деятельности:

– топливные производства и электроэнергетика;
– металлургические производства;
– машиностроение;
– лесозаготовка и лесопромышленные производства;
– совокупность химических производств.

Включение именно этих промышленных комплексов в учебное пособие обусловлено их значимой ролью в экономике России, социально-экономической жизни отдельных регионов страны. Так, одна из главных задач, решаемых с помощью корректной территориальной организации промышленных производств, – устранение территориальных диспропорций в экономическом развитии субъектов Федерации и страны в целом и, на этой основе, повышение уровня жизни населения. Кроме того, именно эти промышленные виды деятельности определяют место Российской Федерации на мирохозяйственной карте и являются источниками привлечения иностранных инвестиций. Соответствие основным направлениям современной НТР (поиск надежных источников энергии, автоматизация и химизация производств и пр.) также способствует их особой значимости в процессах интенсификации и интеллектуализации российской экономики. Более того, именно эти пять комплексных промышленных отраслей обеспечивают большую долю в стоимости валового промышленного продукта России и, следовательно, основные объемы загрязнения природной среды от стационарных источников. В связи с этим развитие малоотходных и утилизационных технологий внутри топливно-энергетических, металлурго-машиностроительных, лесопромышленных и химических производств будет способствовать формированию рациональной системы природопользования в местах их размещения и реализации эффективной региональной экологической политики.

Изложение материала в учебном пособии основано на анализе традиционных и современных технологий в каждом из указанных промышленных комплексов, проблемности их современного функционирования, а также учитывает направления их перспективного развития, указанные в нормативно-правовых документах отраслевого планирования. Общая схема изложения материала включает следующие позиции: 1) состав совокупности промышленных производств, объединенных используемым сырьем и изготовлением готовой продукции; 2) их место и значение в современной российской экономике; 3) характеристика основных про-

блем функционирования отраслей, в т.ч. технологического характера; 4) связь с отдельными энергопроизводственными циклами (ЭПЦ); 5) постадийное описание основных технологических процессов по добыче сырья и производству готовой продукции, используемого оборудования; 6) характеристика основных видов предприятий; 7) обозначение основных и вспомогательных факторов и условий размещения предприятий.

Учебное пособие также содержит вопросы для самоконтроля по каждой главе и список рекомендованных источников, включающий монографии и учебную литературу, а также стратегии развития отдельных видов промышленной деятельности, утвержденные Правительством РФ. В пособии указываются ссылки на популярные интернет-страницы и исследования, опубликованные в общественно-политических, деловых и научных журналах соответствующей тематики.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

1.1. Состав и роль комплекса в российской экономике

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) – сложная межотраслевая промышленно-экономическая система предприятий и производств, занимающихся добычей, обогащением и переработкой топливных ресурсов, генерированием и распределением тепло- и электроэнергии, а также обслуживанием указанных выше видов деятельности. Состав комплекса указан на рис. 1.1.

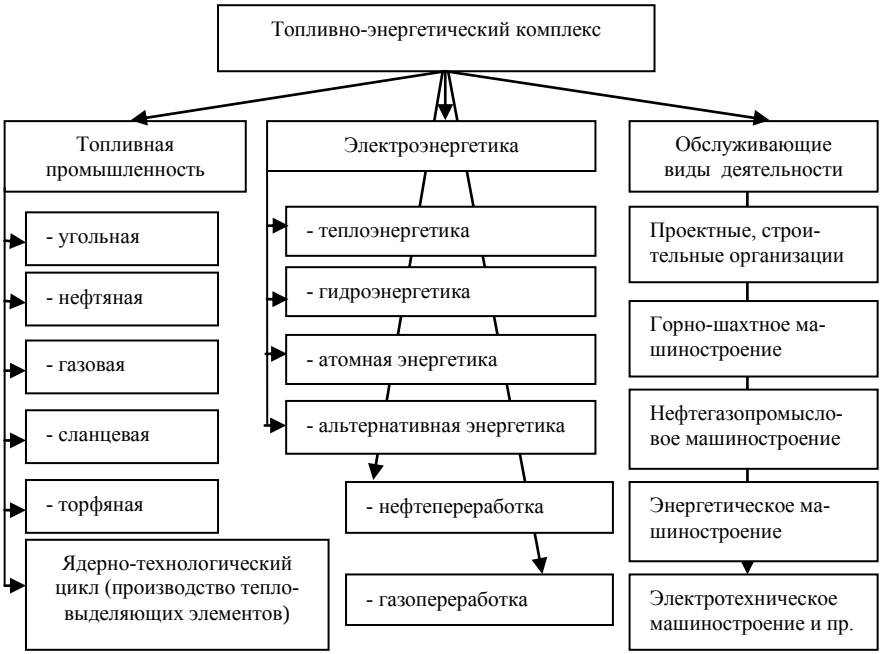


Рис. 1.1. Состав топливно-энергетического комплекса

Топливно-энергетический комплекс относится к числу базовых и организующих промышленных видов деятельности страны. Он играет важнейшую роль в формировании и поддержании макроэкономических показателей развития России, а также в структурировании и модернизации территориальной организации российского общества (через размещение предприятий энергетики и добычи топливных ресурсов). ТЭК

обеспечивает энергетическую и национальную безопасность страны. В середине 2000-х гг. комплекс стал постоянным источником дополнительной ренты, формировавшейся за счет высокой цены энергоресурсов на мировом рынке. Полученная рента помогла России накопить значительный золотовалютный запас, сформировать Инвестиционный фонд и отдать большую часть государственного долга.

В 2013 г. на ТЭК приходилось 32% доходов консолидированного и 54% федерального бюджета РФ, свыше 30% объема промышленного производства страны (табл. 1.1). По данным Минэнерго, комплекс в 2010–2011 гг. обеспечил формирование почти 30% ВВП страны, в т.ч. нефтяная промышленность – более 20% [24]. Еще более высока доля комплекса в поступившей валютной выручке – более 65%. Также ТЭК стал источником более 35% инвестиций, в т.ч. 15–20% зарубежных, поступивших в реальный сектор экономики России [37].

Таблица 1.1

Основные показатели работы ТЭК России в 2013 г.*

Вид экономической деятельности	Общее количество организаций, ед. / % от российского показателя	Объем отгруженных товаров и выполненных работ и услуг, млрд руб. / % от российского показателя	Среднегодовая численность занятых, тыс. чел. / % от российского показателя
Всего по комплексу	**34887 / 7,7**	**14807,5 / 35,8**	**2273,2 / 12,1**
Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	6991 / 1,5	8695 / 21,0	601,8 / 3,2
Производство кокса и нефтепродуктов	2223 / 0,5	1852,5 / 4,4	113,4 / 0,6
Производство, передача и распределение электроэнергии	11766 / 2,6	2744 / 6,6	716,7 / 3,8
Производство, передача и распределение тепловой энергии	11688 / 2,6	1314 / 3,1	675,7 / 3,6
Производство, передача и распределение газообразного топлива	2219 / 0,5	202 / 0,5	165,6 / 0,9
Всего по промышленному комплексу страны	***451575 / 100***	***41372,7 / 100***	***18738,5 / 100***

*Составлено по источнику: Промышленность России. 2014: стат. сб. М., 2015. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_48/Main.htm

В составе комплекса более 34 тыс. промышленных предприятий. Кроме того, он имеет важнейшее социальное значение, так как обеспечивает более 12% экономически активного населения работой и служит постоянным источником личного или семейного дохода (табл. 1.1).

Большинство отечественных исследователей, говоря о перспективах развития российского ТЭКа, отмечают, что в ближайшие годы его экономикообразующая роль сохранится. Одновременно он будет стимулировать развитие инфраструктуры, новых производств и рынков занятости, особенно в новоосваиваемых районах. Несмотря на затянувшиеся «нефтяную» и «газовую болезни», ТЭК позволяет российской экономике создать необходимый запас финансовых и других экономических ресурсов для ее модернизации и инновационного функционирования.

1.2. Топливо и его характеристики

Топливо – это горючие вещества, которые при сжигании выделяют значительное количество теплоты, используемой непосредственно в технологических процессах или преобразуемой в другие виды энергии. К топливу относится ископаемые органические виды: уголь, горючие газы, нефть, торф, а также древесина и растительные отходы.

Классификации топлива:

А) *по степени натуральности* выделяют натуральное топливо (минеральное и углеводородное топливо, торф и древесина) и технологическое топливо (например, кокс, топливные брикеты или тепловыделяющие элементы в атомных реакторах на АЭС);

Б) *по степени возобновляемости* – возобновимые (древесина) и невозобновимые (все остальные, включая торф, чьи запасы возрождаются через сотни и тысячи лет).

Характеристики топлива. Экономическое и технологическое значение имеют следующие характеристики:

– **теплота сгорания**. Различают высшую и низшую теплоту сгорания топлива. Высшей теплотой сгорания ($Q_в$) называют количество тепла, которое выделяется при сгорании 1 кг твердого (жидкого) топлива или 1 $м^3$ газообразного топлива. Низшая ($Q_н$) отличается от высшей – на теплоту, которая затрачивается на испарение воды. Именно она положена в основу классификаций топливных ресурсов, так как определяет эффективность их использования в тепловой энергетике. Измеряется в кВт*ч/кг или в старой традиции – ккал/кг[1];

– **выход летучих веществ**. Если сухую массу топлива поместить в тигель и постепенно нагревать в инертной среде без доступа воздуха, то

[1] При этом надо иметь в виду, что 1000 ккал равно 1,163 кВт*ч.

будет происходить уменьшение ее массы. При температурах 850–1100^0 С происходит разложение кислородосодержащих молекул топлива с образованием газообразных (летучих веществ) (CO, H_2, CH_4, CO_2). Вычисляется по формуле (1.1)

$$V_u = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} * 100\%, \qquad (1.1)$$

где Vг – выход летучих веществ, %;
m_1 – горючая масса топлива до нагрева, т;
m_2 – горючая масса топлива после нагрева, т.

Поскольку выход летучих веществ определяется содержанием кислорода в топливе, то он тем больше, чем моложе топливо. Так, у торфа Vг составляет 70%, бурых углей – 45–50%, каменных углей – 25–40%, антрацитов – 3–4%. Выход летучих веществ определяет температуру воспламенения топлива, условия его хранения. Чем больше выход, тем быстрее воспламеняется топливо;

– **зольность** – удельный вес золы и шлаков, входящих в состав топлива**.** *Зола* – это смесь минералов, не сгораемых вместе с топливом. Сплавы минералов, возникающие в областях высокой температуры при горении, называют *шлаками*. Свойства золы играют большую роль при сжигании топлива. Чем меньше зольность исходного топлива, тем больше его теплотворная способность;

– **влажность топлива** определяется экспериментальным путём – сушкой при t=105°C. Влажность вызывает много трудностей при сжигании топлива: снижается теплота сгорания, растет расход топлива, увеличиваются потери тепла с уходящими газами. Влажность вызывает усиление коррозии металла отдельных конструкций топок. Кроме того, при перевозке зимой в вагонах топливо с повышенной влажностью может смерзаться. С другой стороны, сухое топливо летом может самовозгораться;

– **сернистость топлива.** Сера при сжигании доставляет значительные экологические проблемы. Для улавливания окислов серы требуются сложные очистные сооружения. Их строительство повышает себестоимость производимой энергии в несколько раз.

Для сопоставления эффективности различных видов минерального и древесного топлива, соизмерения калорийности используемого топлива и совершенствования топливно-энергетического баланса страны или региона вводится понятие **условного топлива**. В качестве единицы условного топлива принимается 1 кг топлива с теплотой сгорания 7000 ккал/кг

(29,3*10^3 кДж/кг). Соотношение между натуральным и условным топливом выражается формулой (1.2)

$$B_y = \frac{Q_н * B_п}{8{,}15 кВт * \frac{ч}{кг}} \quad \text{или} \quad B_y = \frac{Q_н * B_п}{7000 \frac{ккал}{ч}}, \qquad (1.2)$$

где Q_H – низшая теплота сгорания данного натурального топлива, ккал/кг (кВт*ч/кг);

$B_н$ – масса натурального топлива, т (для твердых и жидких топлив), м^3 (для газообразного);

B_y – масса эквивалентного количества условного топлива, т (т у.т.)

Таблица 1.2

Теплотворная способность различных видов натурального топлива

Топливо	Теплотворная способность (теплота сгорания)	
	ккал/ кг	кВт*ч/кг
Нефть	10000	11,63
Природный газ на 1 м^3	6000 – 11000	6,98 – 12,82
Антрацитовые угли	7800 – 9000	9,08 – 9,32
Каменные угли	≈ 7000	≈ 8,15
Бурые угли	2500 – 5000	2,92 – 5,82
Торф	2000 – 4000	2,33 – 4,66
Горючий сланец	2000 – 5000	2,33 – 5,82
Дрова	2000 – 3700	2,33 – 4,32

Теплотворная способность нефти и природного газа выше всех остальных натуральных видов топлива (табл. 1.2), поэтому они более всего подходят для производства тепловой и электрической энергии на крупных генерирующих предприятиях. Использование иных источников топлива также может быть эффективным, особенно в условиях их дешевой добычи в крупных месторождениях и бассейнах, например, бурых углей Канско-Ачинского бассейна; торфяных пеллет и топливных брикетов – для местных нужд, предприятий с автономными системами отопления и пр.

1.3. Особенности добычи и переработки углей

Угольная промышленность значительно превосходит все остальные отрасли топливной промышленности по численности рабочих и стоимости производственных основных фондов. Объединяет совокупность пред-

приятий и организаций, связанных со строительством угледобывающих предприятий и эксплуатацией угольных месторождений, а также переработкой углей (например, производство кокса, брикетов из бурых углей) и их газификацией и сжижением (гидрогенизацией).

Запасы углей по регионам – субъектам РФ, а также крупнейшие российские угледобывающие компании представлены в прил. 1.1 и 1.2 соответственно. Виды ископаемых углей и их свойства представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Виды углей и их свойства

Угли	Характеристика	Использование	Основные районы добычи в России
Бурые	Плотная зернистая масса бурого или рыжего цвета с отсутствием блеска, имеющая низкую твердость. Обладают низкой теплотворной способностью, большой зольностью, повышенной влажностью (до 35%) и высокой сернистостью (1–2%). При длительном хранении окисляются, рассыпаются и самовозгораются, не выдерживают дальних перевозок	В основном для целей тепловой энергетики	Канско-Ачинский бассейн (Красноярский край, Кемеровская и Томская области), Райчихинский и Ургальский бассейны
Каменные	Черная твердая масса, имеющая матовый блеск и обладающая хрупкостью. Основными компонентами каменных углей являются углерод (75–95 %), водород (1,5–5,7 %), кислород (1,5–15 %), сера (0,1–4%), азот (до 1,5%), летучие вещества (2–45%), влага (4–14%), минеральные примеси (2-45 %). С увеличением химического возраста увеличивается доля углерода	Для коксования, преобразования в жидкое топливо, химические вещества и лекарственные средства, а также в тепловой энергетике	Кузнецкий бассейн (Кемеровская область), Донецкий бассейн (Ростовская область), Южно-Якутский (Республика Саха), Печорский (Республика Коми), Зыряновский (Республика Саха), Горловский (Новосибирская область)
Антрациты	Самая высокая степень метаморфизма. Угли черного цвета с металлическим блеском. Это беспламенный уголь. У него самая высокая теплотворная способность, самая маленькая степень выхода летучих веществ. Он не подвержен самовозгоранию	В основном как энергетическое топливо	

Существует несколько марок каменных углей, различающихся по спекаемости, содержанию летучих веществ, степени метаморфизма (табл. 1.4). ***Спекаемость*** – главное свойство каменных углей. Оно важно для получения технологического топлива (кокса). Спекаемые угли (марки Ж, К, ОС) содержат большое количество летучих веществ и используются исключительно в коксохимическом подцикле металлургических производств. Другие являются энергетическим топливом. Угли марок Д используются для получения жидкого топлива. На территории России представлены все марки каменных углей, в т.ч. и антрациты. Господствующими являются угли марок Д, Г, Ж. Коксующихся углей среди всех запасов России около 20%.

Таблица 1.4

Марки каменных углей и их свойство спекаемости

Марка	Обозначение	Выход летучих веществ, %	Характеристика коксового остатка
Длиннопламенные	Д	>42	Порошкообразный
Газовые	Г	12–35	Спекшийся, расправленный, рыхлый
Жирные	Ж	26–35	Спекшийся, сплавленный, умеренно плотный
Коксовые	К	18–26	
Отощенные спекшиеся	ОС	12–18	Спекшийся или сплавленный от плотного до умеренно плотного
Тощие	Т	6–12	Порошкообразный или слипшийся
Слабоспекаемые	СС		
Полуантрациты	ПА		
Антрациты	А	1–3	Разломанный

Добыча угля осуществляется двумя основными способами: а) открытым (в карьерах и разрезах); б) подземным (шахтным). Преимущества каждого из них обозначены в табл. 1.5.Также в шахтах используется *гидравлический способ*, который заключается в подаче на угольный пласт мощной струи воды из гидромонитора, разрушающей и дробящей породу. Далее с помощью мощных насосов полученная пульпа (смесь воды и угля) подается на земную поверхность.

Несмотря на большее преимущество открытого способа добычи, в мире наиболее распространен шахтный способ, что связано с особенностями залегания пластов угля на достаточном удалении от поверхности земли (более 150 м), при котором вскрытие сверху становится малорен-

табельным. В 2000-х гг. в России около 2/3 угля добывалось в шахтах, остальное – в карьерах и разрезах (рис. 1.2 и 1.3).

Таблица 1.5

Преимущества открытого и шахтного способов добычи углей

Открытый	Закрытый
1. Значительно лучше санитарно-гигиенические условия для рабочих 2. Производительность труда выше, а себестоимость угля почти в 10 раз ниже 3. Строительство карьеров осуществляется значительно быстрее, чем шахт, и обходится в 2 раза дешевле 4. Резко сокращается расход крепежного материала 5. Значительно меньше опасность для жизни рабочих, в т.ч. из-за меньшего количества работающих	1. Значительно меньше земельных участков выводится из оборота, в отличие от карьеров, где вскрышные работы составляют, как правило, 2–10 т пустой породы на 1 т добытого угля 2. Климатические условия не оказывают такого большого влияния на производство 3. Более длительное время эксплуатации при соблюдении безопасности работ

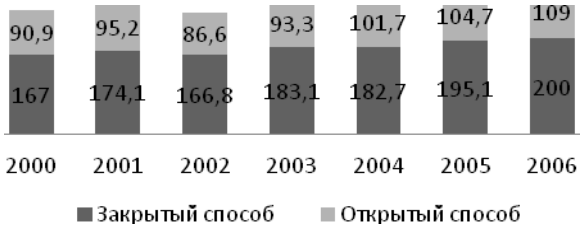


Рис. 1.2. Объемы добычи углей России различными способами в 2000–2006 гг., млн т [23]

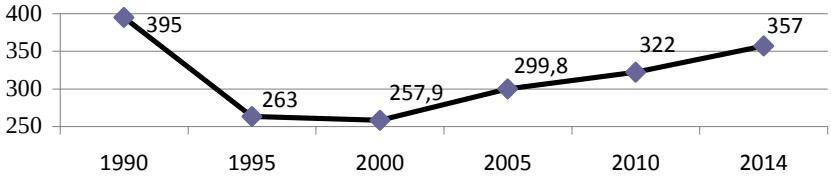


Рис. 1.3. Динамика добычи углей России в 1990–2014 гг., млн т [31; 39]

Карьер – общее название для предприятий по добыче топливных и минеральных полезных ископаемых открытым способом. Общая схема угольного карьера представлена на рис. 1.4. Карьеры могут иметь производительность до 50 млн т в год (шахта – от 0,2 до 9 млн т).

В разрезах (карьерах) добыча угля ведется с помощью роторных и шагающих экскаваторов (рис. 1.5). Роторный экскаватор осуществляет добычу с помощью специального колеса – *ротора* – диаметром от 2 до 18 м, лопатки которого разрыхляют и подают уголь в грузовые машины. Крупнейшие роторные экскаваторы могут в течение нескольких минут нагрузить углем железнодорожный вагон.

Рис. 1.4.Общий вид и схема угольного карьера (сверху указаны зоны складирования вскрышной породы)

а)

б)

Рис. 1.5. Работа роторного (а) и шагающего экскаваторов (б) в угольных разрезах Канско-Ачинского буроугольного бассейна (РФ, Красноярский край)

Шахта – общее название предприятий по добыче топливных и минеральных полезных ископаемых под землей. Характеризуется глубиной (средняя глубина в России – около 350 м. Самые глубокие шахты в России – в восточном крыле Донбасса ≈ 1,2 км; в мире – в ЮАР ≈ 3,5 км).

Средний возраст разработки месторождения шахтным способом – 40–45 лет. Верхние горизонты, в зависимости от запасов месторождения, разрабатываются 10–15 лет, затем приступают к разработке нижних горизонтов.

Угольное месторождение включает несколько шахтных полей, каждое из которых закрепляется за определенным добывающим предприятием. Каждое шахтное поле включает несколько угольных пластов, которые осваиваются постепенно сверху вниз (рис. 1.6).

Угольный пласт – это такая форма залегания горных пород, при которой они ограничиваются двумя более или менее параллельными плоскостями и имеют значительное простирание по площади при сравнительно небольшой толщине пласта.

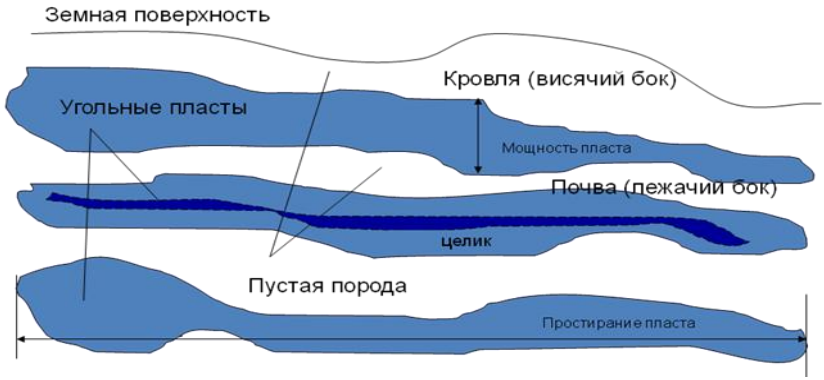


Рис. 1.6. Вертикальный разрез угольного шахтного поля

Кровля (висячий) бок – породы, залегающие выше пласта полезного ископаемого.

Почва (лежачий бок) – породы, залегающие ниже пласта.

Целик – часть угольного пласта, которую при разработке месторождения оставляют нетронутой для охраны горных выработок, наземных сооружений, управления горным давлением и др.

Мощность пласта – расстояние по нормали между кровлей и почвой, см или м.

Простирание пласта – протяженность пласта в длину, м.

Шахта включает наземные и подземные сооружения. На поверхности находятся копер, с помощью которого осуществляются подъем и опускание грузов и рабочих в шахту, механические мастерские, погрузочные механизмы, административные здания, вентиляционные установки. При некоторых шахтах работают обогатительные фабрики, которые

освобождают уголь от пустой породы и повышают его качество. Подземное обустройство шахты показано на рис. 1.7.

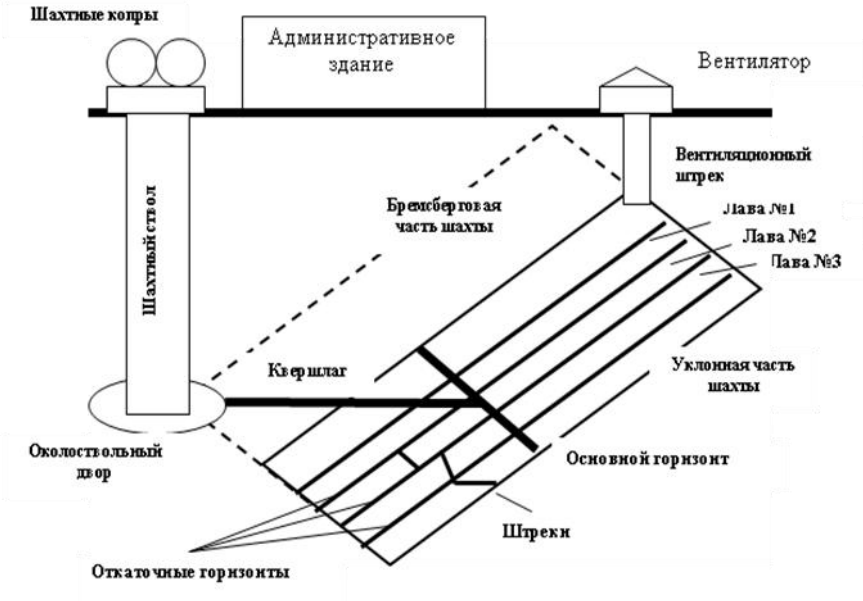


Рис. 1.7. Устройство шахты с наклонным залеганием пластов

Основными капитальными сооружениями и выработками в подземной части шахт являются:

1) **шахтный ствол** – вертикальная или наклонная горная выработка, предназначенная для транспортировки, связи и вентиляции подземной части шахты с земной поверхностью. Диаметр – несколько метров. Делится в вертикальном сечении на 4 части: а) для клетей, поднимающих и опускающих рабочих; б) для подъемников угля и породы на поверхность, которые соединены с копром на поверхности; в) для эвакуационных лестниц; г) для вентиляционных труб и труб для откачки воды. Забетонирован или закреплен металлическими тюбингами;

2) **околоствольный, или рудничный, двор** предназначен для перегрузки добытого угля из вагонеток на подъемные машины;

3) **квершлаг** – горизонтальная выработка (штрек), предназначенная для соединения рудничного двора с коренным или основным горизонтом. Служит для откатки грузов, передвижения людей, вентиляции и др.;

4) **коренной, или основной, горизонт** – штрек (горизонтальная или наклонная горная выработка) между бремсберговой и уклонной час-

тями шахты, предназначенная для накопления добытого угля и поднятия его на поверхность (рис. 1.8);

5) **проходные, или откаточные, горизонты** предназначены для соединения основного горизонта с местами добычи угля в угольном пласте на каждом из горизонтов**;**

6) **бремсберг –** наклонная горная выработка, прокладываемая вверх по падению угольного пласта;

7) **уклон –** наклонная горная выработка, прокладываемая вниз по падению угольного пласта;

8) **лава (забой)** – место, где происходит добыча угля в нисходящем и восходящем порядке (рис. 1.9). Длина каждого забоя – 20–200 м;

Дополнительные горные выработки в шахтах:

1) **штольня** – горизонтальная выработка с выходом на поверхность (первые шахты);

2) **шурф** – вертикальная выработка с выходом на поверхность для предварительной разведки полезных ископаемых.

Рис. 1.8. Основной проходческий горизонт в угольном пласте

Рис. 1.9. Забой (лава) – место добычи угля

Добыча происходит в несколько этапов: 1) зарубка (подрезка пласта); 2) отбойка (отделение угля от пласта); 3) навалка; 4) крепление выработок или управление кровлей. Уголь с лавы поступает в откаточный штрек к стволу и в вагонетках отправляется наверх. Выемка, доставка, откатка и погрузка угля сегодня полностью механизированы. Для добычи используются отбойные молотки (перфораторы), горные (врубочные) и проходческие комбайны (рис. 1.10). Для транспортировки угля от забоя к откаточным штрекам и основному горизонту – ленточные конвейеры, рудничные электровозы и вагонетки (рис. 1.11).

Основные направления использования углей. Добытые в карьерах или шахтах угли в дальнейшем подвергаются обогащению или пред-

варительной обработке на углеобогатительных фабриках, а затем используются:

1) в тепловой энергетике как **энергетическое топливо** (большая часть добытого угля) для генерирования электроэнергии и тепла на ТЭС и тепла в местных котельных;

2) черной и цветной металлургии как **технологическое топливо** (кокс) (около 25% всей добычи);

3) химической промышленности **для производства новых продуктов** – высокоуглеродистых графитных конструкционных материалов, пластмасс, ароматических веществ, синтетического газового и жидкого топлива, гуминовых кислот для производства удобрений, лекарств;

4) строительной индустрии для **производства асфальта** (остатки процесса коксования) или пропитки древесины;

5) пищевой промышленности как **краситель.**

Рис. 1.10. Оборудование для подземной добычи углей

Рис. 1.11. Оборудование для транспортировки угля

Технологические особенности процесса коксования основаны на свойстве некоторых видов каменных углей, спекаясь, образовывать твердый остаток, называемый «коксовым пирогом». Каменноугольный кокс – технологическое твердое топливо повышенной прочности, получаемое при нагревании сырья до t = 950–1050° С в камерах кокосовой батареи без доступа воздуха. Общий процесс производства отражен на рис. 1.12.

Одним из основных элементов технологического процесса является углеподготовка – размол угля. Для обогащения каменных углей (умень-

шения в них минеральных примесей, снижения зольности) используются, как правило, комбинированные методы: гравитационный и флотационный процессы.

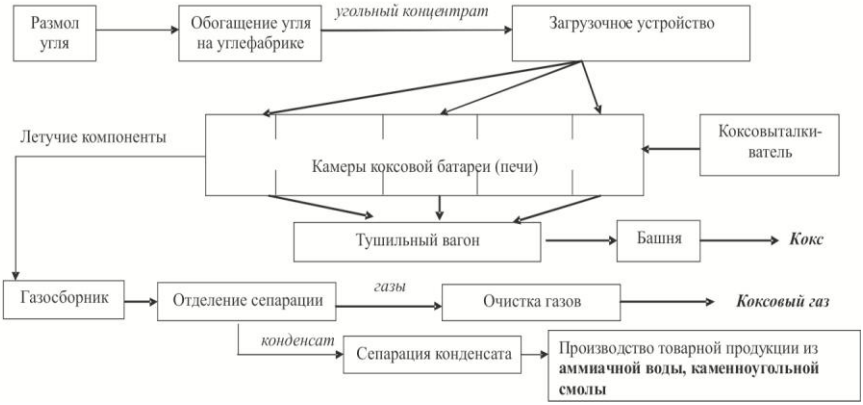


Рис. 1.12. Общая схема процесса коксования

Коксование углей осуществляется в коксовых печах (рис. 1.13), представляющих собой вытянутое по горизонтали сооружение с несколькими десятками коксовых камер, в которых происходит коксование угольной шихты[1]. После загрузки углем камеры герметично закрываются, чтобы предотвратить доступ воздуха, и обогреваются теплом горячего (коксового) газа. Технология коксования углей отражена на рис. 1.14.

а) б)

Рис. 1.13. Кокосовая батарея (а), коксовыталкиватель и тушильный вагон (б)

[1] Угольной шихтой называется подготовленная в процессе обогащения смесь мелких и средних фракций угольной руды.

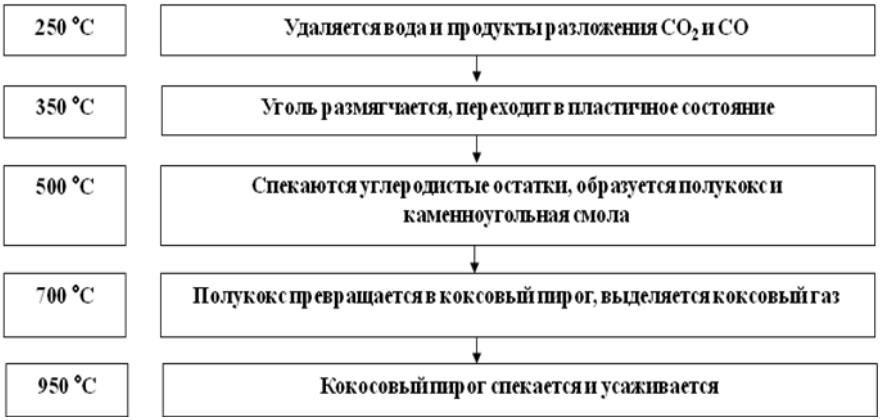


Рис. 1.14. Технологический процесс получения кокса в печах коксовой батареи

В печах коксование протекает послойно: от обогреваемых стенок к середине камеры. Соответственно этому и состав слоев (начиная от стенок) меняется в последовательности: кокс – полукокс – уголь в пластическом состоянии – сухой уголь – сырой уголь. Коксование считается законченным, когда слои кокса сойдутся в середине печи и образовавшийся «коксовый пирог» разделяется швом-разрывом. Коксование длится 13–14 часов. Готовый раскалённый кокс выталкивается из камер коксовыжимателем и подается в тушильный вагон.

Из 1 т угля в процессе коксования получают 750–800 кг кокса, до 50 кг каменноугольной смолы, 300 – 350 $м^3$ коксового газа, состоящего из водорода и метана, 9–10 кг сырого бензола, до 2,5 кг аммиачной воды. Из аммиачной воды можно получить сульфид аммония, азотные удобрения, аммиак и другие продукты; из сырого C_6H_6 – бензол чистый, ксилол, толуол; из каменноугольной смолы – антрацен, торбазол, нафталин, пиридин, хинолин, фенол, ксиленолы, крезолы, используемые в производстве пластмасс, пропитке древесины, асфальта и электродов.

Для производства из бурых и каменных углей газообразного и жидкого топлива используют способы подземной газификации и гидрогенизации соответственно.

Подземная газификация позволяет использовать без извлечения на поверхность бурый уголь весьма ограниченных запасов, который подземным способом добывать экономически нецелесообразно. Газификация угля производится следующим образом: на определенном расстоянии пробуриваются две скважины, проходящие через угольный пласт. По одной из скважин под большим давлением подается смесь пара и возду-

ха. Пар и воздух через трещины в угольном пласте проходят к другой скважине. В процессе продувания одним из способов уголь поджигается. Кислород, окисляя уголь, образует углекислый газ. Затем углекислый газ и пары воды вступают во взаимодействие с углем и образуют газовую смесь, состоящую из угарного газа и водорода (генераторный газ), который и выходит через вторую скважину. Получаемый газ имеет теплотворную способность от 2 до 4 тыс. ккал/м^3. Отдельные виды генераторного газа обладают очень высокой теплотворной способностью (до 16 000 кДж/м^3). Помимо подземной газификации угля, этот процесс может осуществляться в специальных газогенераторных печах.

Гидрогенизация угля имеет целью получение из твердого топлива жидкого. Для этого требуются определенные условия: давление до 70 атмосфер, температура 380–500°С, присутствие катализаторов. В угольную массу накачивается водород. Наличие катализатора способствует соединению водорода с углеродом и образованию углеводородов. Регулируя этот процесс, можно получить бензин, керосин, дизельное топливо и другие виды жидкого топлива. Из одной тонны угля получают 0,3 кг жидкого топлива.

1.4. Основные технологии добычи и переработки нефти

Нефть – горючая маслянистая жидкость, обладающая специфическим запахом, черного, коричного или других темных цветов с разными оттенками. Нефть образуется вместе с газообразными углеводородами на глубинах от 1,0 до 5 км (рис. 1.15).

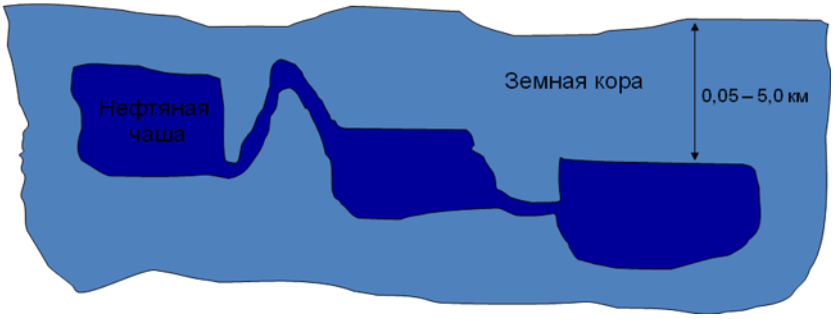


Рис. 1.15. Залегание нефти в земной коре

Основные гипотезы происхождения нефти. Наиболее распространенная гипотеза – *органическая, или биогенная* – выдвинута М.В. Ломоносовым в середине XVIII в. Согласно ей, нефти являются продуктом разложения и фоссилизации зоопланктона и водорослей в водно-

осадочных отложениях теплых древних морей и морских водоёмов при определенных условиях: температуре свыше 50°С и давлении. *Абиогенная гипотеза* выдвинута в XIX в. А. фон Гумбольдтом и поддержана Д.И. Менделеевым и М. Бертло. Согласно суждениям этих ученых, происхождение нефти связано с изменениями неорганического вещества на сверхбольших глубинах в условиях колоссальных давлений и высоких температур (например, при взаимодействии воды с карбидом металлов в ходе горообразовательных процессов).

Состав нефти. Нефть состоит из различных углеводородов (алканов, циклоалканов, аренов) и содержащих кислород, серу и азот соединений:

1. *Алканы (парафиновый ряд)* характеризуются соотношением углерода и водорода как C_nH_{2n+2}. Родоначальником рода является метан CH_4. Углеводороды этого ряда от CH_4 до C_4H_{10} составляют газообразную часть, от C_5H_{12} до C_{17} H_{36} – жидкости, от $C_{18}H_{38}$ и выше – твердую фракцию, которая в нефти находится в растворенном состоянии.

2. *Циклоны (нафтеновый род)* имеют соотношение между углеродом и водородом C_nH_{2n}. Простейшим углеводородом этого ряда является этилен C_2H_4.

3. *Арены (ароматический ряд)* – органические углеводороды, характеризуемые соотношением между углеродом и водородом как C_nH_n. Простейшим и наиболее ценным представителем этого ряда является бензол C_6H_6.

Углеводородный состав нефти не стабилен. Во фракциях отдельных нефтей преобладают нафтеновые углероды, в других – парафиновые. Содержание ароматических углеводородов колеблется в незначительных количествах.

Основу **технологической классификации нефти** составляют следующие характеристики:

– содержание серы (класс I – малосернистые нефти, включающие от 0,01 до 0,5% S; класс II – сернистые с 0,5 – 2,0%; класс III – высокосернистые нефти, включающие свыше 2% S);

– потенциальное содержание моторных топлив (тип $Т_1$ – нефти, в которых указанных фракций не меньше 45%; тип $Т_2$ – 30 – 44,9% и тип $Т_3$ – меньше 30%);

– потенциальное содержание масел (группы $М_1$, $М_2$, $М_3$ и $М_4$; для $М_1$ – содержание масел не меньше 25%, для $М_4$ – меньше 15%);

– качество масел (подгруппа $И_1$ – нефти с индексом вязкости масел больше 85, подгруппа $И_2$ – нефти с индексом вязкости 40-85);

– содержание парафина в нефти и возможность получения реактивного, дизельного зимнего или летнего топлива ($П_1$ – нефти с содержа-

нием парафина не выше 1,5 %; $П_2$ – нефти с 1,5–6,0% парафина; $П_3$ – нефти с содержанием парафина больше 6%).

Сочетание вышеперечисленных компонентов и составляет шифр технологической классификации нефти. Например, шифр нефти $IT_1M_1И_1П_1$ означает, что нефть малосернистая, количество светлых продуктов (моторного топлива) превышает 45%, содержание масел выше 25%, индекс вязкости больше 85 % и содержание парафина меньше 1,5%. Например, марка товарной нефти *Siberian Light*, добываемой в месторождениях Западной Сибири, является малосернистой (среднее содержание 0,57%) и легкой (количество светлых продуктов превышает 47%). По этим характеристикам она сравнима с высококачественной нефтью Персидского залива и востребована на мировом рынке. Марка нефти *Urals*, добываемая в месторождениях Урало-Поволжья, наоборот, высокосернистая и парафинистая, т.е. тяжелая. Технологическая классификация используется для сортировки нефти при выборе предприятий для ее переработки, учета качества при планировании добычи и переработки, при проектировании новых заводов.

Процесс нефтегазоразведки состоит из двух этапов: поискового и разведочного. В ходе первого из них оконтуривается месторождение, анализируются перспективные прогнозы его залежей на основе региональных исследований (геологическая съемка, аэромагнитное слежение, геохимический анализ почв и вод), работы с геологическими картами и перспективного бурения. На втором этапе ведется разведочное бурение и идет подготовка месторождения к работе, что предполагает подробное оконтуривание залежей, определение литологического состава пород, мощности и нефтегазонасыщенности, коллекторных свойств горизонтов, изучение параметров по площади, исследования физико-химических свойств нефти, газа и воды, установление продуктивности будущих скважин. Нефть залегает в известняковых, песчаных слоях. Скопление нефти в определенных типах пород называется залежью. Несколько залежных полей образуют месторождение.

Процесс бурения нефтяных скважин – начальная стадия обустройства т.н. *нефтяного промысла*, под которым понимается технологический комплекс, состоящий из скважин, трубопроводов и установок различного назначения, с помощью которых на месторождении извлекают нефть с попутным газом (конденсатом). Основная производительная единица на нефтяном промысле – нефтяная скважина, вертикальная (наклонная) горная выработка круглого сечения диаметром от 75 до 400 мм. Образуется путем последовательного бурения, удаления разбуренного материала и тампонажа стенок. В вертикальном строении скважины различают устье (начало), ствол и конец (забой).

Бурение нефтяных скважин возможно двумя способами: 1) *роторным (вращательным)* и 2) *турбобурным (электробурным)*.

Роторный способ осуществляется с помощью буровой установки (нефтяной вышки), стальной конструкции высотой 10–20 м, если бурение происходит на земной поверхности (рис. 1.16), и морской платформы, если – на шельфе континентов в Мировом океане (рис. 1.17).

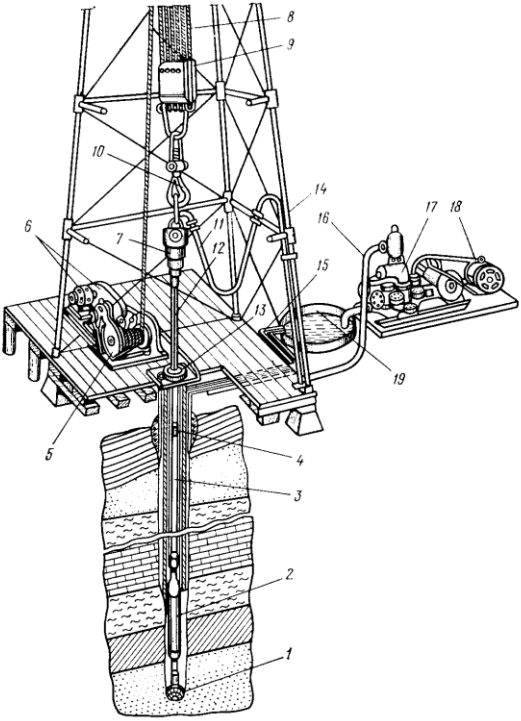


Рис. 1.16. Устройство А-образной вышки для бурения нефтяной скважины роторным способом: 1 – бурильный инструмент; 2 – турбобур; 3 – бурильные трубы; 4 – бурильный замок; 5 – лебедка; 6 – двигатель ротора и лебедки; 7 – вертлюг; 8 – талевый канат; 9 – талевый блок; 10 – крюк; 11 – буровой шланг; 12 – ведущая труба; 13 – ротор; 14 – корпус вышки; 17 – буровой насос; 18 – двигатель насоса; 19 – приемный резервуар

Главный элемент буровой установки – ротор (диск), приводимый в движение электромотором, и вращающий буровой элемент. В системе бурильной колонны трубы наращиваются («эффект складывающегося стаканчика»). На конце колонны крепят буровой инструмент, который

бывает трех видов: долото, коронка или шарошка (победитовые или алмазные насадки). Опускание бурильного инструмента происходит благодаря вращению верхней части бурильной колонны (вертлюга и талевой системы) при помощи лебедки. Глубина бурения до 1,5 км (в зависимости от проходимости горных пород).

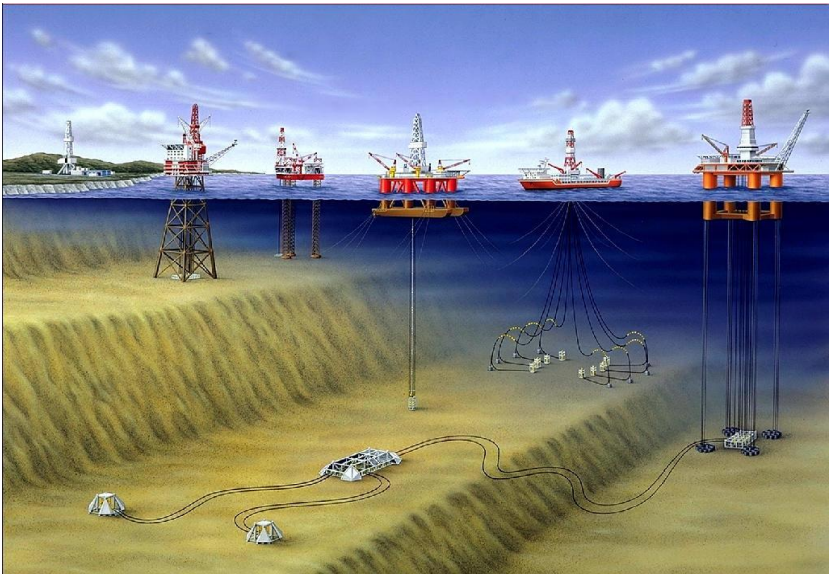


Рис. 1.17. Морской комплекс для бурения и добычи нефти
(морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная» в Баренцевом море)

Другой способ бурения – **турбобурный**. В турбобурах вращается только буровой инструмент, в отличие от первого способа, где вращается вся бурильная система. Двигатели в турбобурах – малогабаритные, многоступенчатые турбины, приводимые в движение глинистым раствором. Буровой инструмент электробура приводится в движение электромотором. При этом скорость движения электробуров самая большая. Использование турбобуров и электробуров позволило применять *наклонное бурение* (рис. 1.18). Оно применяется в тех случаях, когда вертикальному бурению препятствуют какие-либо горно-геологические условия. Наклонное бурение позволяет, например, проникнуть под дно водного бассейна и обойти твердые горные породы. Преимуществом этого способа также является возможность применения мобильных буровых установок на малых и средних месторождениях (рис. 1.19).

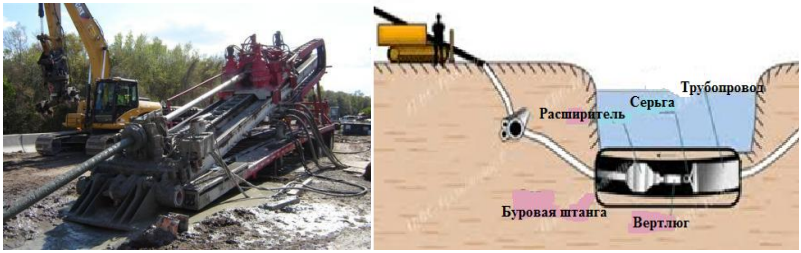


Рис. 1.18. Наклонное бурение скважин с помощью турбобуровых установок

Рис. 1.19. Самоходная буровая установка ОАО «Кунгурский машзавод»

В последнее десятилетие добыча нефти имеет положительную динамику (рис. 1.20). Россия входит в тройку стран-лидеров по этому показателю. При этом прирост запасов углеводородного сырья превышает ее добычу, что позитивно сказывается на экономических и финансовых показателях топливной промышленности России. Основные запасы нефти и газового конденсата сосредоточены в шельфовых месторождениях Северного Ледовитого и Тихого океанов (прил. 1.3).

Различают несколько способов добычи нефти. ***Фонтанный способ*** основан на фонтанировании нефти из скважин под действием пластового давления. Это самый эффективный метод – при минимальных затратах производительность скважин наибольшая, что обеспечивает низкую себестоимость нефти. Его недостатком является время эксплуатации – от года до трех на крупных месторождениях, после чего пластовое давление резко снижается и нужно использовать более дорогие способы.

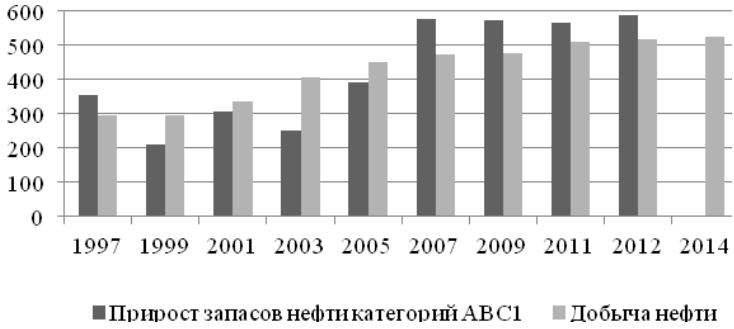


Рис. 1.20. Динамика добычи нефти, включая газовый конденсат, и прироста их прогнозных запасов в России в 1997–2014 гг., млн т [23, 31, 39]

Принудительные способы извлечения нефти основаны на вмешательстве человека в процесс добычи:

– *компрессорный*. В скважину опускают две трубы: по одной подают нефтяной газ под давлением, который заставляет нефть подниматься вверх по второй трубе (рис. 1.21);

– *насосный*. Нефть выкачивают с помощью высоконапорных насосов, которые опускаются в скважину. Для этого способа используют специальные ***станки-качалки*** (рис. 1.22);

– *шахтный* способ применяется для наиболее тяжелой густой нефти, добываемой в суровых климатических условиях, где от низких температур нефть сгущается (Ярегское месторождения нефти, Тимано-Печорская нефтегазовая провинция);

– *искусственное заводнение* за счет нагнетания в нефтяной пласт воды под давлением, которая имея плотность более высокую, чем нефть, заставляет ее подниматься к устью скважины. При этом методе скважины делятся на две группы: нагнетающие и эксплуатационные. Нагнетающими скважинами, подающими воду, поддерживается давление в пласте. По эксплуатационным скважинам в этом случае поднимается нефть вместе с водой. По мере эксплуатации месторождения соотношение нефть – вода меняется с последовательным увеличением доли последней. Для поддержания давления необходимо регулярно вводить в действие дополнительные нагнетающие скважины. Все это приводит к дополнительным затратам на бурение, нагнетание воды, электрическую энергию, очистку добываемой нефти и т.п. Соответственно затраты на добычу нефти постоянно растут, растет и ее себестоимость.

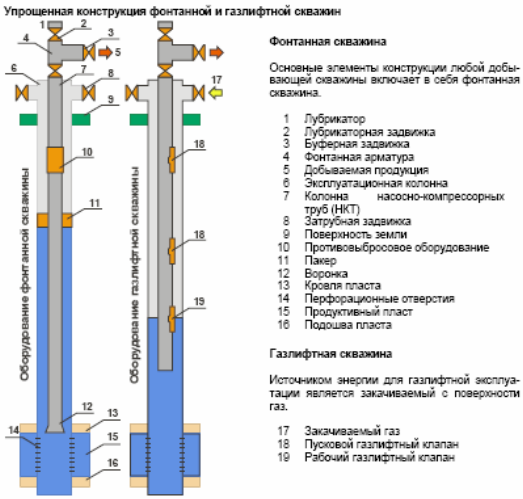


Рис. 1.21. Упрощенная конструкция фонтанной и газолифтной скважин, применяемых в ходе компрессорного способа добычи нефти

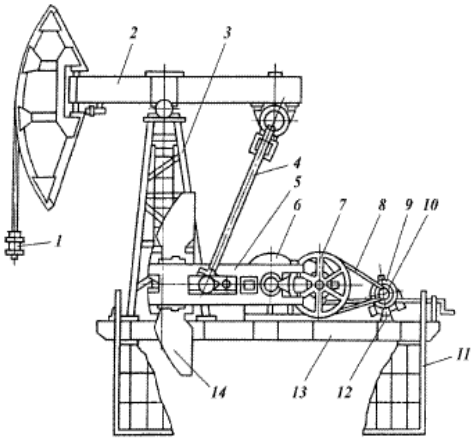


Рис. 1.22. Схема станка-качалки, используемого в ходе насосного способа нефтедобычи: 1 – подвеска устьевого штока; 2 – балансир; 3 – стойка; 4 – шатун; 6 – редуктор; 7 – ведомый шкив; 8 – ремень; 9 – электродвигатель; 10 – ведущий шкив; 11 – площадка; 13 – рама

Процесс обогащения, обезвоживания и обессоливания нефти и газового конденсата. Вместе с нефтью и газом из скважин поступают пластовая вода и минеральные примеси. Вся продукция скважин направ-

ляется по трубопроводу на групповую установку, где производится замер добытой нефти, содержащегося в ней попутного газа, количество пластовой воды на 1 т добытой нефти (рис. 1.23). От установок нефть по сборному коллектору поступает в установку сепарации, где в газонефтяных сепараторах происходит отделение газа от нефти. Освобожденная от газа нефть поступает на промысловые установки обезвоживания и удаления минеральных примесей. Газ, отделенный от нефти, идет к потребителю или на газобензинный завод для переработки. Отделенная вода, как правило, закачивается обратно в пласты. Обогащенная нефть поступает в установку стабилизации. При нагревании нефти до 120°С из нее удаляются легкокипящие фракции бензина и направляются на перерабатывающий завод (установку). Получаемая товарная нефть накапливается в резервуарах, из которых откачивается в магистральные нефтепроводы или железнодорожные цистерны для доставки к месту ее переработки.

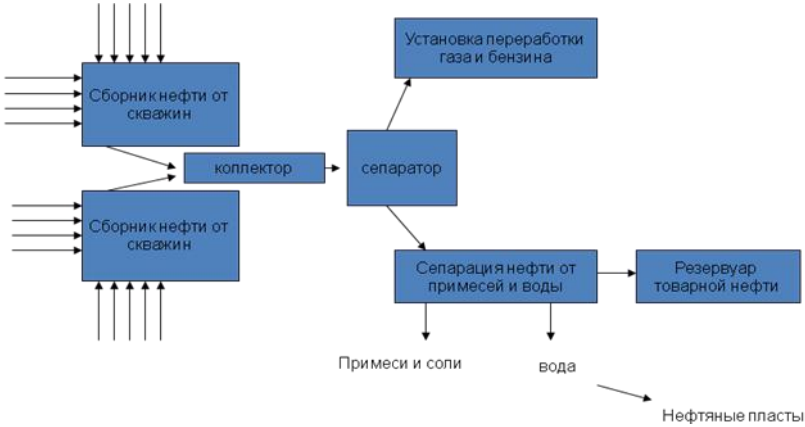


Рис. 1.23. Процесс обогащения и сепарации нефти и газового конденсата

Вся совокупность **направлений переработки нефти** учитывается стадиями, звеньями и ветвями *нефтеэнергохимического производственного цикла*, предложенного еще в 1940-х гг. выдающимся отечественным экономико-географом, профессором ***Н.Н. Колосовским*** (1891–1954) и дополненного его учениками [12, с. 194; 18, с. 49]. Он объединяет процесс добычи и обогащения нефти, а также производство: 1) моторных топлив и масел для машин; 2) мазута как энергетического топлива; 3) полимеров и синтетических продуктов на их основе (смол, пластмасс, нитей и волокон, каучука и резинотехнических изделий) (прил. 1.4).

Нефтепереработка в 2012 г. достигла рекордного уровня в постсоветское время – более 54% всего объема добычи нефти в стране. Остальной

ное поступает на экспорт. Суммарная мощность нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) страны составляет 318 млн т в год (2014) [36, с. 34]. В последние годы этот показатель увеличивается. По объему переработки нефти Россия входит в число мировых лидеров, уступая лишь США и Китаю.

В России действуют 32 крупных НПЗ и более 200 малых (прил. 1.5); переработкой жидких фракций углеводородов занимаются также газоперерабатывающие заводы. В начале 2010-х гг. почти 88% мощностей по переработке жидких углеводородов находилось в распоряжении восьми вертикально интегрированных компаний (ВИНК), наиболее крупные – ПАО «Нефтяная компания "Роснефть"», «Газпром нефть» и «ЛУКОЙЛ»; еще около 11% – это крупные НПЗ, не входящие в структуру ВИНК. Остальное приходилось на долю мини-НПЗ. На самых передовых НПЗ глубина переработка нефти в светлые фракции уже превысила показатель в 90% (ОАО «СлавнефтьЯрославльНОС», ООО «Лукойл-ПНОС», Новокуйбышевский, Сызранский и Яйский НПЗ). В то же время средний показатель России в 2015 г.[1] приблизился к общемировому – более 75% (табл. 1.6). Структура производства нефтепродуктов на российских заводах в 2012 г. представлена на рис. 1.24.

Таблица 1.6

Некоторые характеристики нефтепереработки в странах мира на начало 2000-х гг.*

Показатель	Россия	Западная Европа	США	Мир в целом
Глубина переработки нефти в нефтепродукты, %	65	85	94	75
в т.ч. каталитические процессы, в % от первичной переработки нефти:				
а) углубляющие процессы	5,6	22,6	43,1	20,7
б) облагораживающие процессы	44,2	83,0	92,7	56,0

*Составлено по данным источника: http://www.ivandanilov.ru/w19.shtm.

Нефтеперерабатывающие заводы имеют следующие профили: 1) топливный (производство топлива и углеродных материалов – мазута); 2) топливно-масляный (топливо, углеродные материалы, моторные масла и смазки); 3) топливно-нефтехимический (топлива, углеводородные материалы, полимеры). На НПЗ применяются два способа переработки нефти: прямая перегонка и деструкционный.

Прямая перегонка – физико-химический процесс разложения нефти на составляющие ее фракции под действием температуры, при кото-

[1] Промышленность России: стат. сб. М., 2016. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_48/Main.htm (дата обращения: 02.02.2015).

ром химическая структура нефти не нарушается. При этом способе нефть разделяют на составные углеводороды, которые имеют различную температуру кипения. При нагревании нефти эти продукты в определенной последовательности переходят в газообразное состояние: сначала легкие углеводороды, затем более тяжелые. Образующиеся при нагревании нефти пары охлаждаются, превращаясь в жидкие углеводороды.

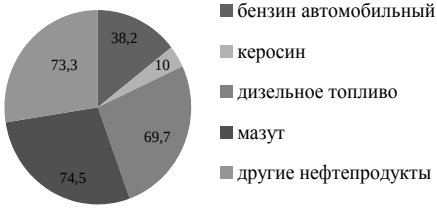


***Рис. 1.24. Структура производства нефтепродуктов на НПЗ России в 2012 г., млн т*[1]**

Таблица 1.7

Характеристика нефтяных фракций [8]

Газы	Светлые продукты				Мазут		
					масла		
$CH_4 – C_5H_{12}$	бензин	лигроин	керосин	газойль	легкие (соляровые)	смазочные (машинные)	гудрон
Число атомов углерода, n							
1 5	6 8	9 10	11 13	14 17	18 25	26 35	36 - 60
Температура кипения при нормальном давлении, ºС							
100	150	180	250	300	400	500	

Из табл. 1.7 видно, что наименьшую температуру кипения имеют низкокипящие фракции бензина (менее 1000°С) – легкие фракции с числом атомов углерода равным шести. С ростом числа атомов углерода температура кипения растет. При нагревании нефти бензиновая фракция возгоняется при температуре от 30 до 200°, лигроиновая – от 120 до 240°, керосиновая – при 200–300° и газойлевая – при 200–400°С. Указанные нефтепродукты называют светлыми. Кроме того, образуется мазут. Путем дополнительной перегонки из него получают смазочные масла и гуд-

[1] Нефть и конденсат // Сырьевой комплекс России. URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/546/3_03_oil.pdf (дата обращения: 02.02.2015).

рон. Бензиновая и лигроиновая фракции подвергаются вторичной перегонке с целью получения более чистого, однородного продукта. Так, например, получают бензин различных марок в зависимости от его состава и октанового числа.

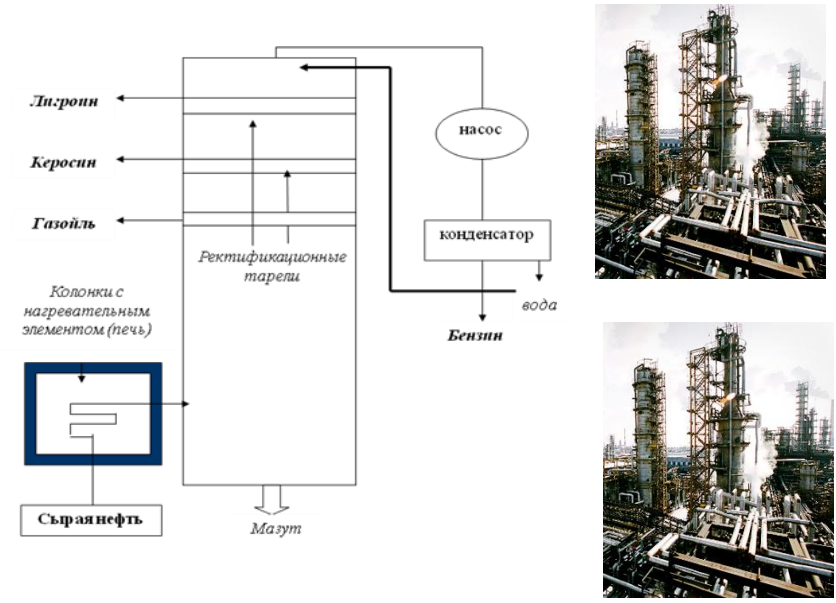


Рис. 1.25. Устройство ректификационной колонны и общий вид ООО «ЛУКойл-ПНОС» (г. Пермь)

Для перегонки нефти используются установки – трубчатые печи и ректификационные колонны (рис. 1.25), где нефть нагревается паром сверхкритических температур и разделяется на фракции. Нагреваясь до 350°, нефть в газообразном состоянии поступает в ректификационную колонну высотой 40 м. В колонне имеется несколько десятков горизонтальных перегородок с отверстиями – так называемых тарелок. Пары углеводородов нефти, проходя через отверстия и конденсируясь, сжижаются на тарелках в зависимости от температуры кипения. На верхних этажах тарелок сжижается бензин, затем лигроин и т.д., а на нижних – мазут. Таким образом, за счет разных температур кипения нефть разделяется на составляющие ее углеводороды. Для более полного использования нефтепродуктов мазут перерабатывается на вакуум-установках для получения смазочных масел. В виде остатка образуется гудрон. Для по-

лучения пара, а также для охлаждения углеводородов используется большое количество воды.

Деструктивные способы переработки нефти (от *лат.* destruction – разрушаю) основаны на разрушении химического состава нефтяных фракций и повышении процента глубины переработки углеводородов. ***Крекинг*** (*англ.* to crack – расщеплять) – общее название деструкционных процессов. В этом процессе используются менее ценные нефтепродукты, например соляр, лигроин и др. Крекинг-процесс изобретен русским инженером В. Г. Шуховым в 1891 г.

Крекинг ведется при температуре от 450 до 600º С и давлении 1–60 атмосфер. Крекинг протекает с разрывом углеродных связей и образованием свободных радикалов. Одновременно с разрывом связей происходит дегидрирование, изомеризация, полимеризация и конденсация как промежуточных, так и исходных веществ. В результате последних двух процессов образуются т. н. крекинг-остаток и нефтяной кокс, которые используются как технологическое топливо. Таким образом, с помощью крекинга из нефти, соляра, лигроина и других продуктов получают бензин и газообразные углеводороды – ценное химическое сырье.

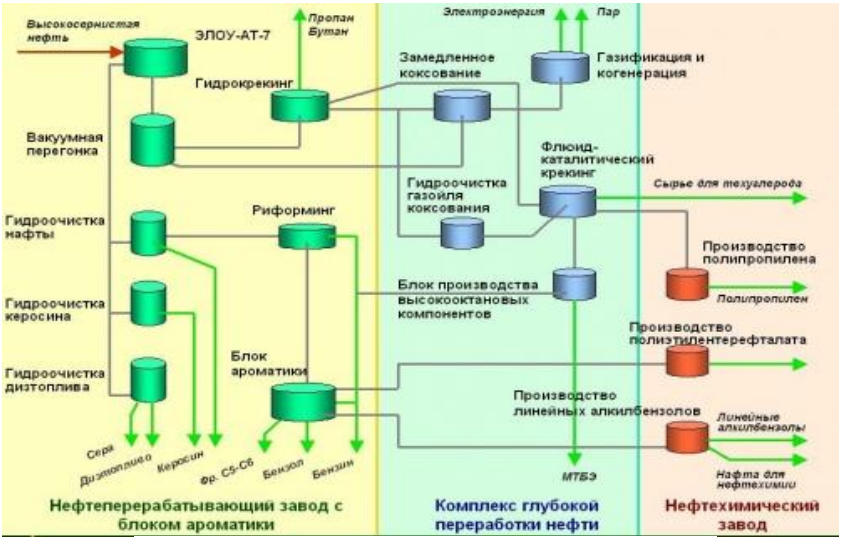


Рис. 1.26. Схема комплекса нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов в Нижнекамске[1]

[1] Ускорение модернизации в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности // Новые химические технологии: аналит. портал хим. промышленности. URL: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=1002 (дата обращения: 03.02.2016).

Существует несколько разновидностей крекинг-процесса: ***термический крекинг*** (пиролиз, висбрекинг), осуществляемый под действием высокой температуры; ***каталитический крекинг***, идущий при высокой температуре под действием катализаторов.

Пиролиз (от *греч.* разложение) – разновидность термического крекинга – осуществляется при температуре 600–800° С при обычном давлении с целью получения из керосина и газойля ароматических углеводородов: бензола, толуола, ксилола, которые являются исходными продуктами для производства многих синтетических веществ в химии полимерного синтеза: смол, пластмасс, синтетических волокон, красителей, лекарств и др.

Висбрекинг (от *англ.* vis(cosity) – липкость, вязкость; breaking – поломка) – разновидность термического крекинга, применяемая для производства в основном котельного топлива из гудрона.

Разновидностью каталитического крекинга является ***риформинг*** (от *англ.* reforming – переформирование), позволяющий получать из низкооктановых бензинов высокооктановые, а также производить разнообразное сырье для химической промышленности. Риформинг нефтепродуктов осуществляется при температуре 450–540° С и давлении от 15 до 70 атмосфер. В качестве катализатора чаще всего используются платина и алюмосиликаты.

Гидрокрекинг (от *греч.* hydrogenous – водород) – один из видов крекинга, переработка высококипящих нефтяных фракций, мазута, вакуумного газойля или деасфальтизата для получения бензина, дизельного и реактивного топлива, смазочных масел, сырья для каталитического крекинга и др. Проводят действием водорода при 330–450° С и давлении 5–30 МПа в присутствии никель-молибденовых катализаторов.

1.5. Основные технологии добычи и переработки природного газа

Газовая промышленность – самая молодая и быстро прогрессирующая отрасль топливной промышленности России. Она обеспечивает потребителей удобным и дешевым топливом, служит источником ценного и экономически выгодного сырья для производства синтетических материалов, тепла и электроэнергии, а также азотных минеральных удобрений. Виды газов, использующихся в промышленности, представлены на рис. 1.27.

В последнее десятилетие наиболее активно стали эксплуатироваться месторождения сланцевого газа, благодаря чему такие страны, как США, Китай и Аргентина значительно улучшили свои позиции среди стран-добытчиков природного газа. Наиболее важные бассейны сланцевого газа, по оценке Энергетического агентства США (US Energy Information

Administration), представлены в прил. 1.6. Согласно некоторым оценкам, добыча сланцевого газа обходится дороже, чем обычного природного газа.

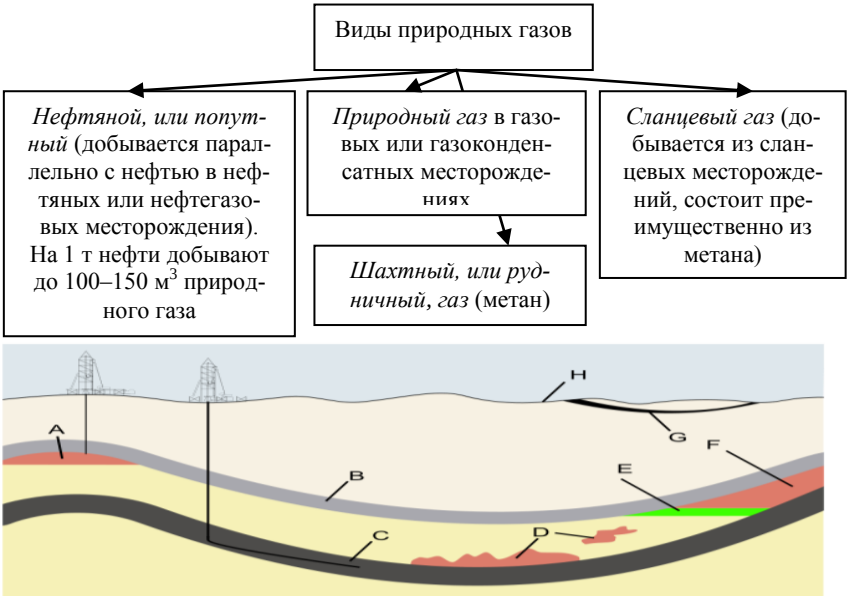


Рис. 1.27[1]. Виды природного газа по формам залегания (A – обычный; C – сланцевый; B – из жесткого песка; F – попутный; G – рудничный метан[2])

Значительные запасы природного метана находятся на дне Мирового океана в виде ***гидрата метана***, супермолекулярного соединения метана с водой, образующегося в условиях холодных температур и высокого давления. Занимают значительную площадь дна всех океанов планеты. Внешне напоминают прессовый снег, могут гореть, легко распадаются при повышении температуры. По некоторым оценкам, в 1 см^2 газового гидрата может содержаться до 160–180 см^2 чистого метана. В настоящее время рассматривается многими как потенциальный источник топлива, а также участник парникового загрязнения планеты. По одной из версий, именно тающий метановый гидрат является причиной исчезновений самолетов и кораблей в Бермудском треугольнике Саргассова моря.

[1] Сланцевый газ. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сланцевый_газ (дата обращения: 03.02.2016).

[2] Выделяется из угольных пластов и скапливается в шахтах.

Природный газ состоит в основном из метана, среднее содержание которого около 85% (колеблется в пределах 76–98%), этана (0,5–4,4), пропана (до 1,5%), бутана и пентана (менее 1%). Кроме углеводородов, в природном газе имеются небольшие примеси углекислого газа, азота и сероводорода. Не имеет запаха и цвета в нормальных условиях (именно поэтому его подкрашивают и добавляют одоранты для бытового использования). Малорастворим в воде, легче воздуха.

Своим происхождением природный газ связан с образованием нефти (также имеются биогенная и абиогенная версия генезиса). Наиболее популярная версия основывается на трансформации живого вещества при его разложении, а также микробном процессе. Будучи чрезвычайно подвижным, газ легко перемещается по пористым и трещиноватым породам и в удобных для этого местах скапливается в огромных количествах (рис. 1.28).

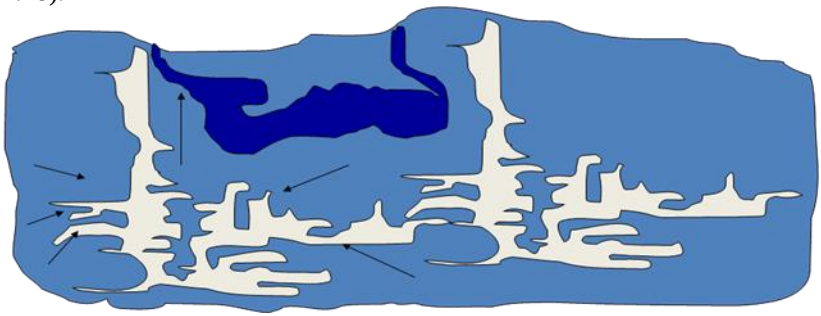


Рис. 1.28. Залегание природного газа в трещиноватых структурах земных недр

Как топливо *газ имеет ряд преимуществ* перед твердым и жидким топливом. В основном они сводятся к следующему:

– себестоимость добычи в 10–12 раз дешевле, чем в нефтяной и угольной промышленности из-за фонтанного способа добычи;

– трубопроводы позволяют передавать газ на большие расстояния;

– капитальные вложения на газопроводы окупаются быстрее, чем при транспортировке другими видами транспорта;

– горение газа поддается хорошей регулировке;

– горит без остатка (золы), что создает лучшие экологические условия в городах;

– обеспечивает увеличение производительности труда на предприятиях, использующих газ как топливо или сырье в разы.

Промышленная разработка природного газа начинается с бурения газовых скважин. Газовые скважины, как и нефтяные, тампонируют-

ся; далее создаются газохранилища и газопроводы (рис. 1.29). После проведения всех подготовительных работ начинается добыча газа.

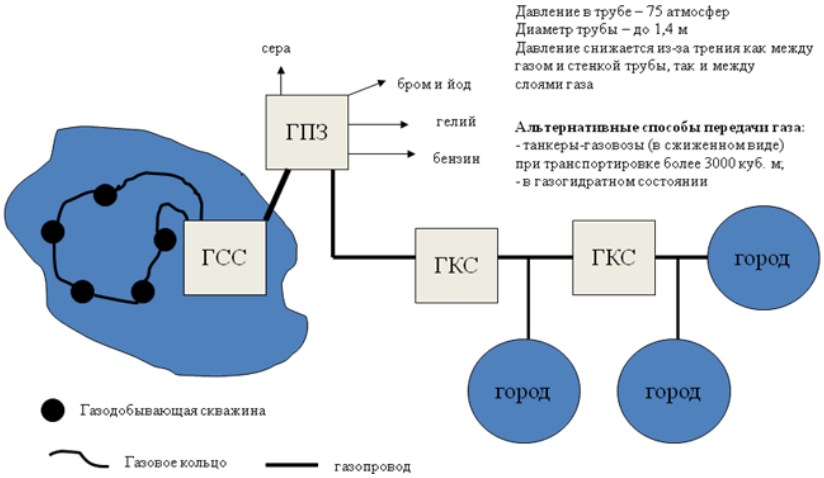


Рис. 1.29. Обустройство комплекса по добыче и транспортировке природного газа (ГСС – сепараторная станция, ГПЗ – газоперерабатывающий завод, ГКС – газокомпрессорная станция)

В результате внутреннего давления по газовым скважинам газ поступает на поверхность земли. Несколько газовых скважин связываются специальным газосборочным кольцом, по которому газ поступает на главную компрессорную станцию. В сепараторах газ сушат и удаляют из него сероводород и другие примеси. Затем газ поступает в магистральный газопровод под давлением 50–75 атмосфер, которое поддерживается промежуточными компрессорными станциями, расположенными через 100–120 км.

При подходе к городу магистральный газопровод обычно разветвляется на два полукольца для уменьшения давления газа и лучшего соединения магистрального газопровода и городской газовой сети, где газу придают специфический запах, чтобы можно было обнаружить его возможную утечку.

Газ хранится в специальных резервуарах в натуральном или сжиженном виде. Газ в последнем состоянии получают в результате сжатия и охлаждения (рис. 1.30). В итоге объем газа уменьшается в 600 раз[1]. Он

[1] Процесс сжижения идет ступенями, на каждой из которых газ сжимается в 5–12 раз, затем охлаждается и передается на следующую ступень. Собственно сжижение происходит при

наиболее удобен для перевозок в цистернах, баллонах и морских танкерах. Применение сжиженного газа позволяет газифицировать населенные пункты, к которым не подходят газопроводы (в Пермском крае, например, отдельные части западных и северо-западных муниципалитетов используют сжиженный газ, производимый на станции в Верещагинском и Сивинском районах). Он необходим странам – крупным импортерам газа, не обладающим собственными запасами[1].

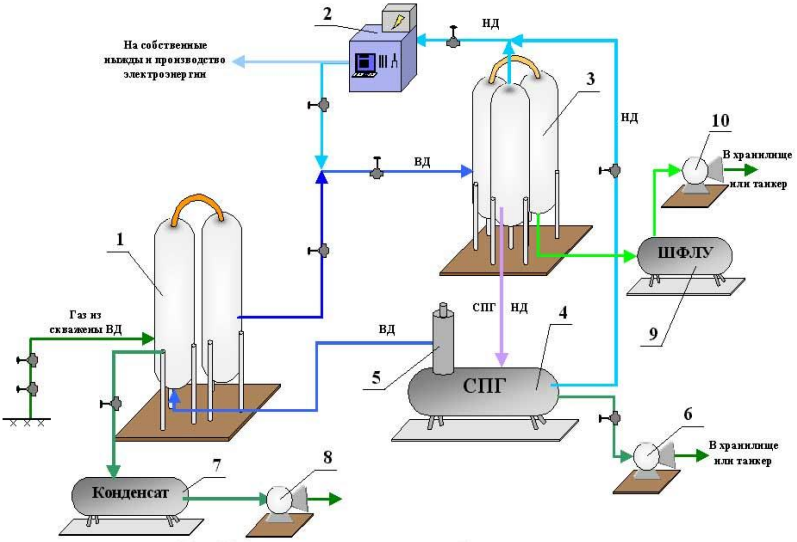


Рис. 1.30. Технология производства СПГ на скважине[2]: 1 – сепаратор; 2 – компрессор для утилизации паров и подачи газа на собственные нужды; 3 – установка сжижения; 4 – криостат; 5 – криогенный насос ВД для перекачки СНГ по контуру; 6 – насос для перекачки СНГ в танкер; 7 – сборник конденсата; 8 – насос для закачки конденсата в пласт; 9 – сборник нестабильного конденсата; 10 – насос для перекачки нестабильного конденсата в танкер

охлаждении после последней стадии сжатия. Процесс сжижения требует значительного расхода энергии – до 25 % её количества, содержащегося в сжиженном газе. В процессе сжижения используются различные виды установок – дроссельные, турбодетандерные, турбинно-вихревые и пр.

[1] Крупные газосжижающие заводы построены на побережье газодобывающих стран – Катар, ОАЭ, Малайзия, Тринидад и Тобаго и др. В России газосжижающие установки строятся на о. Сахалин (рис. 1.31), во Владивостоке и на побережье полуострова Ямал (порт Сабетта). Первые две будут предназначены для производства экспортного газа для Японии и Республики Кореи, третья – стран Европы.

[2] Технология производства СПГ на скважине // ООО «Новые технологии». URL: http://ntflng.ru/schemes/ (дата обращения: 03.02.2016).

Самыми ёмкими и удобными являются подземные хранилища, которые создаются на базе отработанных газовых месторождений. В них под большим давлением закачивают газ, герметически изолируемый от атмосферы. Такие хранилища называют «энергетической подушкой безопасности» для крупных потребителей газа, так как они экстренно подключаются в случае прекращения подачи газа по газопроводам. В Пермском крае под газовое хранилище используются толщи отработанного Ярино-Каменноложского месторождения (Добрянский район).

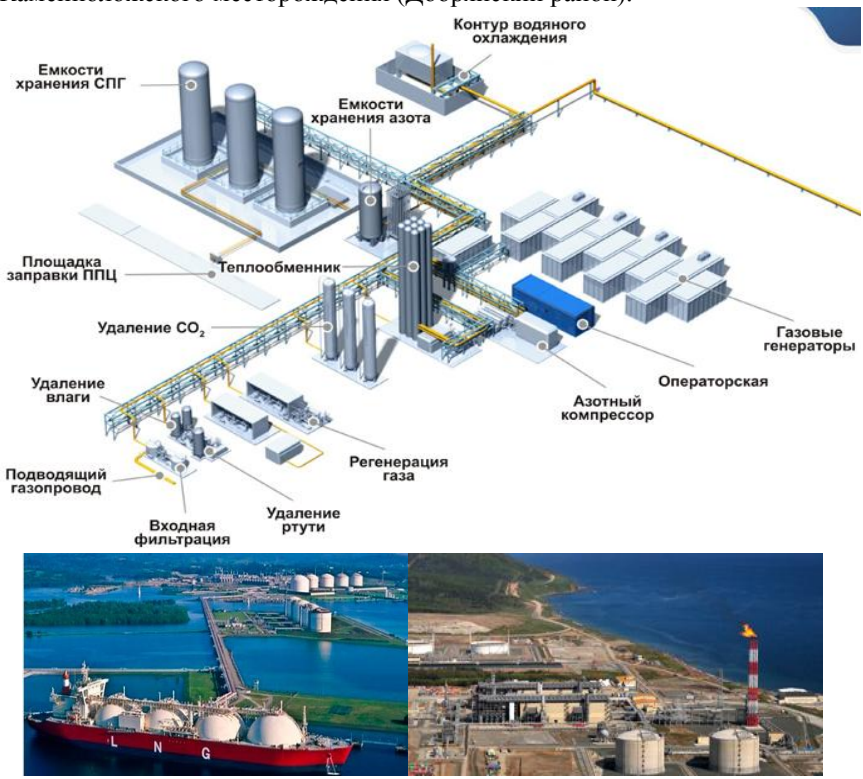


Рис. 1.31. Общая схема и вид завода по сжижению газа в г. Владивостоке (проект ПАО «Газпром» на месторождении Сахалин-2)

Запасы и география добычи природного газа в стране. Россия обладает обширными и самыми большими в мире запасами природного газа, учитывая все прогнозные запасы. Добыча этого сырья в последнее десятилетие увеличивалась, за исключением времени мирового финансового кризиса, как и его подтвержденные прогнозные запасы (рис. 1.32).

Обращает на себя внимание высокая степень территориальной концентрации ресурсов природного газа. Только пять месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа – Уренгойское, Ямбургское, Бованенковское, Заполярное и Харасавэйское – сосредоточивают около 30% всех разведанных и более 50% всех эксплуатируемых запасов страны. Если к ним добавить мощности Астраханского газоконденсатного, Штокмановского в Баренцевом море, Чаяндинского в Якутии и Ковыктинского в Иркутской области месторождений, то получится ровно половина всех запасов газа России (прил. 1.7, 1.8).

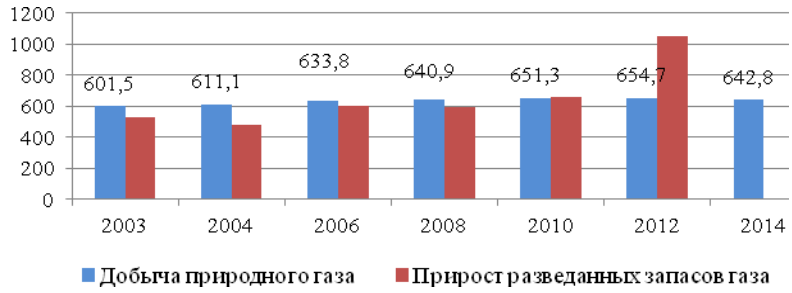


Рис. 1.32. Динамика добычи природного газа и прироста его разведенных запасов в России в 2003–2014[1] гг., млрд м^3 [23, 31, 39]

В связи с такой спецификой ресурсов добыча «голубого» топлива ориентирована на районы с наиболее крупными и выгодными по условиям эксплуатации месторождениями. Другая особенность заключается в динамичности размещения производства, что можно объяснить быстрым расширением границ распространения выявленных ресурсов природного газа, а также сравнительной легкостью и дешевизной вовлечения их в разработку. За короткий срок главные центры по добыче газа переместились из Поволжья и Северного Кавказа на Урал и в Северный район. Затем развернулось массовое вовлечение в оборот ресурсов природного газа Западной Сибири. В настоящее время происходит активная подготовка месторождений к освоению на шельфе Евразии в Северном Ледовитом и Тихом океанах, а также в Средней Сибири.

Переработка газа. Природный газ используют для получения жидкого топлива, ацетилена, метанола, водорода, азотных удобрений и т. п. На базе переработки метанола можно получать синтетические смолы и

[1] Высокий прирост запасов в 2012 г. объясняется открытием и геологоразведочными работами на трех уникальных месторождениях Ямальской нефтегазовой области – Тасийском, Северо-Тамбейском и Южно-Тамбейском.

пластмассы, ацетилена – синтетические волокна и нити, пропана – синтетический каучук и резино-технические изделия. Ценным химическим сырьем являются также попутные газы, сопутствующие нефти. Из них на специальных газоперерабатывающих заводах (ГПЗ), работающих в рамках единой технологической цепочки *газоэнергохимического производственного цикла*, получают газовый бензин, пропан, бутан и сухой газ (метан) (прил. 1.9). При переработке газа также добывается гелий, йод, бром, сера и другие химические вещества.

В 2012 г. на ГПЗ поступило лишь около 10% всего добытого в России природного газа (64,6 млрд км^3). Остальное ушло на экспорт (чуть более 30%), в прямое потребление предприятиями энергетики и бытовое хозяйство [23]. На ГПЗ перерабатывается как свободный, так и попутный нефтяной газ (ПНГ). Практически весь свободный газ перерабатывается на трех ГПЗ, принадлежащих ПАО «Газпром» – Оренбургском (крупнейшем в Европе), Сосногорском (Республика Коми) и Астраханском. Переработка заключается в очистке газа от коррозионно-активных примесей и извлечении тяжелых углеводородов – пропана и бутана и частично более легкого этана. Вторая половина газопереработки (более 32 млрд м^3) приходится на нефтяной попутный газ. Объем используемого ПНГ увеличивается, чему способствует постановление правительства РФ 2009 г. об утилизации попутного газа, требующее довести объем его переработки до 95%. В 2012 г. этот показатель равнялся 73% [23].

Попутный нефтяной газ в процессе переработки разделяется на сухой отбензиненный газ, который поставляется в магистральные газопроводы, этан и широкую фракцию легких углеводородов (ШФЛУ), состоящую из пропанов, бутанов и пентанов с примесями метана, этана, гексанов и более тяжелых компонентов. На их базе производятся различные полимеры: синтетические жирные спирты, этилбензол, стирол и прочие продукты (рис. 1.33). Крупнейшие мощности ГПЗ в России принадлежат ПАО «Сибур Холдинг», в состав которого входят заводы в Нягани, Нижневартовске и Белозерном, АО «Сибур-Химпром» (Пермь), ОАО «Уралоргсинтез» (Чайковский), ООО «СИБУР-Тобольск». Кроме того, дочерняя компания данного холдинга – АО «СибурТюменьГаз» – владеет Южно-Балыкским, Губкинским, Муравленским и Вынгапурским ГПЗ. ПНГ также перерабатывают Сургутский (ОАО «Сургутнефтегаз») и Локосовский (ООО «Лукойл-Западная Сибирь») заводы. Кроме того, существуют несколько мини-ГПЗ, например, на платформе «Приразломная» в Баренцевом море.

В настоящее время на многих ГПЗ, расположенных в густозаселенных районах страны и имеющих большое количество потребителей их продуктов, происходит техническая модернизация, направленная на расширение ассортимента продукции за счет товаров с более высокой до-

бавленной стоимостью, получение из полимерных полуфабрикатов готовых к употреблению продуктов. Так, на АО «Сибур-Химпром» (бывший Пермский газоперерабатывающий завод») в 2011 г. пущена в эксплуатацию линия по производству пенополистирола и монтажной пены – востребованного на рынке конструкционного и изоляционного материала.

1.6. Технологические схемы производства электроэнергии

1.6.1. Значение электроэнергетики в национальной и мировой экономике. Общие принципы размещения электроэнергетических мощностей. Электроэнергия как товар

Электроэнергетика как составная часть топливно-энергетического комплекса страны объединяет все процессы генерирования, передачи, трансформации и потребления электроэнергии. Она является стержнем материально-технической базы национальной экономики и решающим образом воздействует не только на развитие, но и на территориальную организацию хозяйства страны [19, с. 144–145]:

1. Передача электроэнергии на все большие расстояния способствует освоению топливно-энергетических ресурсов независимо от того, насколько они удалены от мест потребления.

2. Развитие электронного транспорта расширяет территориальные рамки промышленности. В то же время благодаря возможности промежуточного отбора электроэнергии для снабжения тех районов, через которые проходят высоковольтные магистрали, увеличивается плотность размещения промышленных предприятий.

3. На основе массового использования в технологических процессах электроэнергии и тепла возникают электроемкие (выплавка легких металлов, ферросплавов и др.) и теплоемкие производства (производство глинозема, химических волокон и др.).

4. Электроэнергетика отличается большим районообразующим значением. В основе первого плана восстановления хозяйства послереволюционной России – плана ГОЭЛРО – лег энергетический принцип: вокруг одной проектируемой ГРЭС должны были реконструироваться старые и создаваться новые производства. Сегодня в восточной макрозоне электроэнергетика во многом также определяет производственную специализацию районов и служит базой формирования крупных территориально-производственных сочетаний.

5. Стоимость электроэнергии оказывает значительное влияние на повышение или понижение себестоимости производства любых товаров и услуг на территории России. Так, производство алюминия в России об-

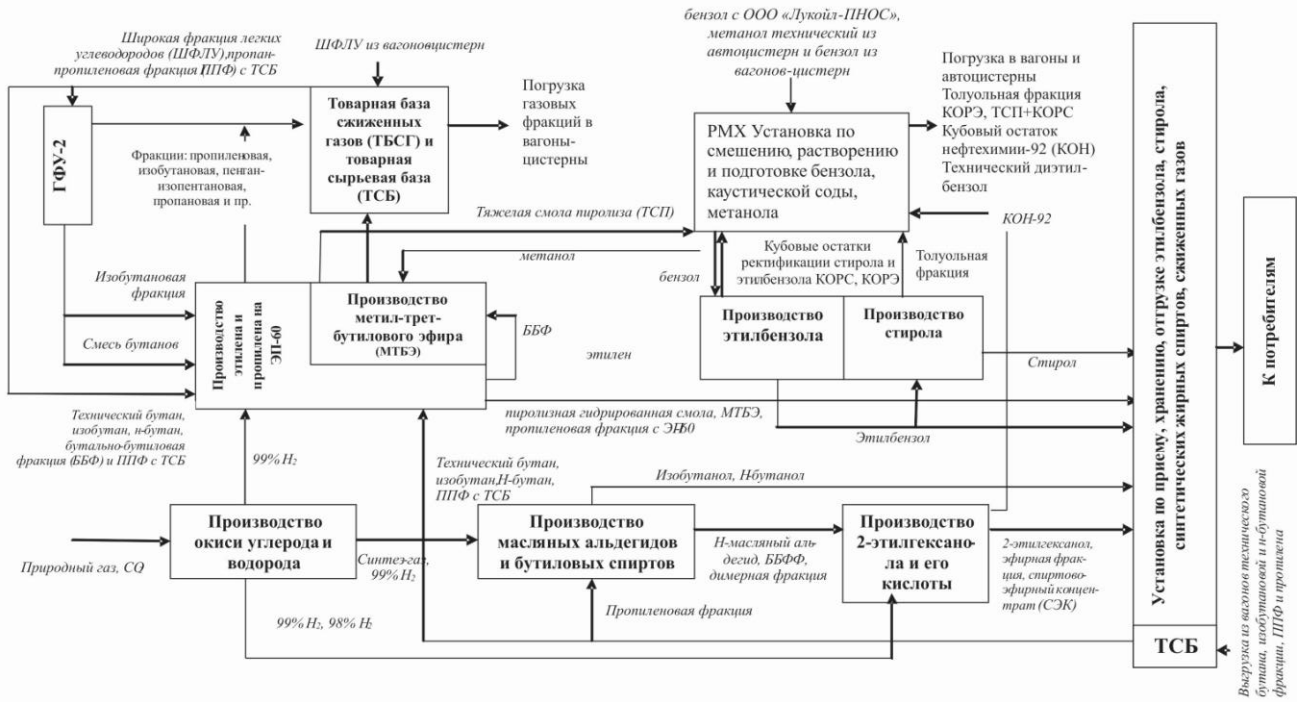


Рис. 1.33. Общая схема технологических операций по переработке попутного нефтяного газа на АО «Сибур-Химпром» (бывший Пермский газоперерабатывающий завод)

ходится в 2,5 раза дешевле, чем в странах, не обладающих мощным гидроэнергопотенциалом.

Развитие электроэнергетики России основывается на *следующих принципах*:

1) концентрация производства электроэнергии путем строительства крупных районных электростанций, использующих дешевое топливо и гидроэнергоресурсы;

2) комбинированное производство электроэнергии и тепла для теплофикации городов и индустриальных центров;

3) широкое освоение гидроэнергоресурсов с учетом комплексного решения задач электроэнергетики, транспорта, водоснабжения, ирригации и рыбоводства;

4) развитие атомной энергетики, особенно в районах с напряженным топливно-энергетическим балансом;

5) учет экологических требований при создании объектов электроэнергетики;

6) создание энергосистем, формирующих единую высоковольтную сеть страны.

Электроэнергетика, наряду с газовой промышленностью, принадлежит к отраслям ТЭК, сохранявшим стабильность развития в годы экономического кризиса в конце XX – начале XXI вв. С ростом национальных экономик и мирового продукта потребность хозяйств стран мира в электроэнергии будет только увеличиваться. За последние сто лет производство электроэнергетики в мире увеличилось почти в полторы тысячи раз – с 15 млрд кВт*час в 1900 г. до 23,5 трлн кВт*час в 2014 г. [36, с. 37]. Крупнейшие производители электроэнергии представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Ведущие страны мира по нетто-производству электроэнергии (2012) [36]

Место	Страна	Производство, млрд кВт*ч	Структура производства по видам электростанций, %			
			ТЭС	ГЭС	АЭС	Альтернативные виды ЭС
1	Китай	4771,2	77,1	17,9	1,9	3,1
2	США	4052,7	68,5	6,8	19,0	5,7
3	Индия	1052,5	82,0	11,8	8,8	3,4
4	Россия	1013,3	67,0	16,2	16,4	0,4
5	Япония	968,4	85,6	7,7	1,8	4,9
6	Канада	616,3	21,1	61,1	14,5	3,3
7	Германия	586,7	59,6	3,6	16,0	20,7
8	Бразилия	537,6	13,2	76,5	2,8	7,1
9	Франция	535,1	8,4	10,9	76,1	4,6

Окончание табл. 1.8

Место	Страна	Производство, млрд кВт*ч	Структура производства по видам электростанций, %			
			ТЭС	ГЭС	АЭС	Альтернативные виды ЭС
10	Республика Корея	500,8	69,9	0,8	28,7	0,6
Мир в целом		21557	67,3	16,9	10,9	5,0

Выделяют традиционные и альтернативные источники производства электроэнергии, имеющие в этом мировом процессе различные процентные показатели (табл. 1.8). К традиционной электроэнергетике относятся:

– тепловая (производство электроэнергии на разного рода тепловых электростанциях, ТЭС);

– гидроэнергетика (производство электроэнергии на гидравлических и гидроаккумулирующих электростанциях, ГЭС и ГАЭС). При этом данный вид использует возобновляемый источник энергии – ресурсы текущих водотоков;

– атомная (ядерная) энергетика (производство электроэнергии на атомных электростанциях, АЭС). Его сложно назвать традиционным, так как появилось только в середине XX в. В 1954 г. в СССР была пущена в эксплуатацию первая Обнинская АЭС (Калужская область) – ныне музей. Однако за схожесть технологий производственной деятельности с тепловой энергетикой относится к традиционным видам.

Соотношение между этими источниками меняется от страны к стране, от региона к региону и связано как с наличием или отсутствием энергоресурсов, традиционным изменением топливно-энергетического баланса, так и с преимуществами или недостатками каждого из традиционных видов.

На рис. 1.34 представлены альтернативные источники производства, использующие в своей деятельности возобновляемые источники энергии или отходы производства.

Вопрос о возможностях использования нетрадиционных источников до сих пор вызывает споры (прил. 1.10). Крупнейший советский физик П.П. Капица считал, что альтернативные источники в обозримом будущем не смогут серьезно потеснить традиционные энергоносители. Одной из причин замедленного развития альтернативных источников является их относительная дороговизна при строительстве и производстве, а следовательно, ее высокая стоимость как для предприятий, так и для населения. В то же время нетрадиционные источники являются относительно экологически чистыми и способствуют развитию ресурсосберегающих технологий. В перспективе в связи с исчерпанием топливных ресурсов

человечество окажется перед необходимостью использования именно альтернативных источников (например, термоядерной энергетики).

Рис. 1.34. Виды альтернативных источников производства электроэнергии

Управляемый термоядерный синтез – реакция слияния ядер легких химических элементов с образованием ядер более тяжелых элементов и выделением большого количества экологически чистой и уникальной по мощности энергии, проистекаемая внутри термоядерного реактора и управляемая человеком. В ходе данной реакции человек может овладеть той энергией, которая выделяется на Солнце в результате образования ядер гелия в ходе синтеза ядер водорода, самого распространенного вещества во Вселенной:

$$ {}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n $$

Сооружение первого на планете термоядерного реактора (международный проект ИТЕР) ведется силами более чем 10 государств на южном побережье Франции, в *исследовательском центре Кадараш* (департамент Буш-дю-Рон). Пуск реактора планируется на 2020 г.[1] Преимущества термоядерной энергетики состоят в следующем:

[1] *Медведев Ю.* Создать Солнце на Земле // Российская газета. 2015. 3 февр. С. 2. На наш взгляд, это невозможно в силу остающихся проблем при его проектировании. Наиболее реальная дата – 2050 г.

– используется практически неограниченный источник энергии;

– отсутствуют продукты сгорания и другие опасные отходы. Вырабатывающиеся радиоактивные отходы имеют короткий период полураспада;

– вырабатывается большое количество чистой энергии.

Для реализации проекта термоядерного синтеза есть технологические и коммерческие препятствия: не разработан материал, который способен сдержать термоядерную плазму, а также активную бомбардировку нейтронами, в 100 раз превышающую ту, которая происходит в ядерном реакторе. Кроме того, существуют большие сомнения в себестоимости производства термоядерной энергии.

На сегодняшний день Россия занимает 4-е место в мире по производству электроэнергии. Динамика брутто-производства электроэнергии в стране представлена на рис. 1.35.

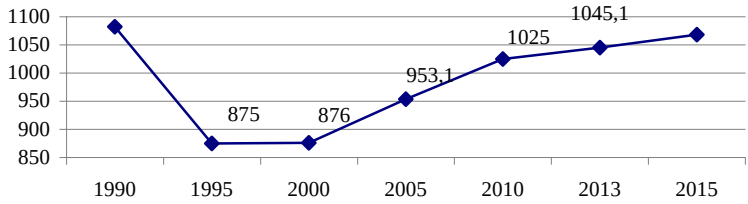


Рис. 1.35. Динамика брутто-производства электроэнергии в России в 1990–2015 гг. [31]

Электроэнергия является товаром, который приобретают участники оптового рынка у генерирующих компаний. Покупателями являются крупные энергосбытовые компании и крупные потребители – предприятия. В дальнейшем энергосбытовые компании продают электроэнергию населению и мелким потребителям. Доставкой электроэнергии потребителям занимаются межрегиональные распределительные и федеральная сетевые компании, объединенные с 2013 г. в ПАО «Российские сети» – одну из крупнейших компаний в мире, управляющую 2,3 млн км линий электропередачи, 473 тыс. подстанциями трансформаторной мощностью более 748 ГВт[1].

Крупнейшими генерирующими компаниями России являются ПАО «РусГидро», которому принадлежит большинство гидроэлектростанций страны, за исключением крупнейших ГЭС Ангаро-Енисейского каскада; АО «Концерн Росэнергоатом», контролирующий эксплуатацию атомных

[1] Официальный сайт ПАО «Россети». URL: http://www.rosseti.ru/about/company/ (дата обращения: 02.02.2016).

станций страны; оптовые (например, ПАО «Юнипро», «ОГК-2», «Интер РАО» и пр.) и территориальные (ООО «Лукойл-Экоэнерго», ПАО «Мосэнерго», «Т Плюс», «Квадра», ОАО «Кузбассэнерго» и пр.) генерирующие компании, владеющие в основном тепловыми станциями[1]. Наиболее крупными и эффективными гарантированными поставщиками электроэнергии участникам розничного рынка являются следующие энергосбытовые компании: Мосэнергосбыт, Башкирэнерго, Иркутскэнерго, Хакасэнерго, Кузбассэнергосбыт, Пермская и Тюменская энергосбытовые компании. В результате реформы 2008 г. они выделены в отдельные юридические лица с правом торговли своими акциями. Большинство крупных энергосбытовых компаний контролируются естественными монополиями – ПАО «Газпром», «Интер РАО», ООО «Сибирская генерирующая компания» и др.

Цена электроэнергии выражается в коп./кВт*ч или руб./кВт*ч. На оптовом рынке чаще всего используется руб./ тыс. кВт*ч. Тариф на электроэнергию потребителям также выражается в руб./кВт*ч. Он складывается из трех составляющих:

– себестоимость производства электроэнергии (зависит от источника производства энергии, материальной изношенности оборудования на электростанциях, отсутствия затрат на непредвиденные расходы и пр.) – около 60% тарифа;

– цена за транспортировку электроэнергию – около 30–35% тарифа;

– продажные коэффициенты (компенсация затрат) энергосбытовых компаний – до 8–10% тарифа.

Средняя цена за 1 кВт*ч электроэнергии в России меньше, чем во многих иных странах мира, в т.ч. ключевых высокоразвитых. Данное обстоятельство связано с использованием для производства энергии более дешевого газового топлива, широким распространением гидроэнергетики и атомной энергетики. Так, стоимость тарифа для бытового потребителя, проживающего в европейской части России, в 2013 г. составляла 2,3 – 3,2 руб./кВт*ч, тогда как в Германии – 10,4, Франции – 5,66, США и Канаде – 0,9 – 1,3; Китае – 2,3 – 2,8 руб./кВт*ч. При этом в России в последние годы наблюдается тенденция повышения тарифа для потребителей и

[1] Оптовые генерирующие компании появились в результате реформирования РАО «ЕЭС» и включают крупнейшие тепловые станции страны, способные производить большое количество электроэнергии для оптового рынка. Имеют экстерриториальный характер. Территориальные генерирующие компании сформированы по географическому признаку и включают тепловые станции меньшей мощности, поставляющие электроэнергию как на оптовый, так и на розничный рынок. Помимо них существуют несколько региональных генерирующих компаний, объединяющих изолированные энергосистемы – ОАО «Дальневосточная генерирующая компания», «Янтарьэнерго», «Якутскэнерго», ООО «ЕвроСибэнерго» и подконтрольные местным властям «Татэнерго» и «Башэнерго».

приближения ее к европейской стоимости, что многие генерирующие компании мотивируют необходимостью модернизации действующих мощностей, систем управления и распределения, так как потери в энергосетях составляют 14% (Европа – 4–9%, США – 7–9%), а оборудование имеет износ до 75–80% и морально устарело[1]. В итоге стоимость 1 кВт*ч (в пересчете ВВП по паритету покупательской способности) для российского потребителя может превысить европейский уровень цен в 1,5–2 раза и более чем в 6 раз североамериканский, чего нельзя допустить.

1.6.2. Особенности производства и передачи электроэнергии

Электрическая энергия измеряется в киловатт-часах (кВт*ч). Мощность электроустановок – в кВт. Основными параметрами электрической энергии являются напряжение и сила тока. Напряжение измеряется в вольтах (В), ток – в амперах (А). Тепловая энергия измеряется в килокалориях (ккал), а ее основные параметры – температура (t) и давление (р) – в градусах (° С) и атмосферах (атм) соответственно.

Выделяют следующие особенности производства и потребления электроэнергии.

Непрерывность производства. Перерывы в электроснабжении могут вызвать тяжелые последствия для потребителя электроэнергии (брак в продукции, нарушение технологии, отключение, остановка агрегатов, причина гибели людей). Для предотвращения негативных последствий в зависимости от особенностей технологического процесса предусматриваются резервные подачи электрической энергии от нескольких источников.

Неравномерность потребления. Потребление электроэнергии не является стабильной величиной и меняется в течение суток (рис. 1.36), месяца, квартала, года. Изменения потребления электроэнергии называются режимом ее потребления. Различают часы базовой нагрузки и часы пиковой нагрузки, связанные с повышением потребления электроэнергии населением и производством.

В базовой части, как правило, работают электростанции, изменение нагрузки которых связано с большими потерями топлива на пуск и остановку агрегатов. Возможности (диапазон) регулирования нагрузки крайне ограничены у крупных АЭС, угольных и мазутных КЭС. В пиковой части нагрузки работают мобильные электростанции. Включение агрегатов в них не занимает много времени. К таким электростанциям, работающим в пиковой части нагрузки, относятся ГЭС, ГАЭС, газотурбинные уста-

[1] Стоимость электроэнергии. URL: http://energystock.ru/analitika/stoimost-elektroenergii (дата обращения: 02.02.2016).

новки ТЭС. Между электростанциями, работающими в базовой или пиковой части нагрузки, должна соблюдаться строгая пропорция. Нарушение этой пропорции может привести к негативным последствиям в работе электроэнергетической отрасли. Недостаток электростанций, работающих в пиковой части нагрузки, приведет к дополнительным затратам топлива в связи с необходимостью пуска и агрегатов электростанций, работающих в базовой части. И наоборот, увеличение суммарной мощности электростанций за счет ГЭС и покрытие этими электростанциями базовой нагрузки также может привести к негативным последствиям. В засушливые годы из-за отсутствия достаточного количества воды и соответственно снижения выработки электрической энергии возникает дефицит электрической энергии.

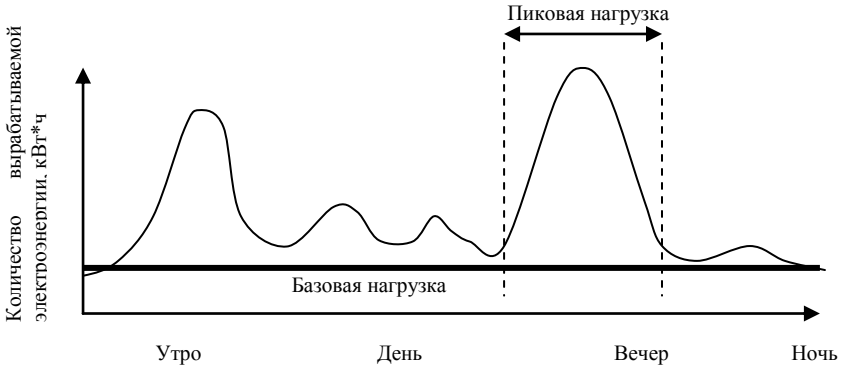


Рис. 1.36. Неравномерность производства и потребления электроэнергии в течение суток

Параллельная работа электростанций. Путь концентрации производства и централизация распределения электроэнергии – главное направление в развитии электроэнергетики как отрасли. Высшим этапом будет создание единой энергетической системы страны (ЕЭС) на колоссальном расстоянии от востока до западных границ. Создание ЕЭС – основной и главный путь повышения экономичности и производства, и распределения электроэнергии за счет:

1) увеличения мощности электростанции и агрегатов на них установленных;

2) снижения суммарной мощности резервных генераторов в ЕЭС, благодаря объединению в нее регионов с различными часовыми поясами;

3) совместной работы электростанций различного типа. Это дает возможность более эффективно их использовать. На период паводка, когда ГЭС работают с полной нагрузкой, имеется возможность отключать

ТЭС, экономить топливо, производить ремонты на ТЭС. Совместная работа дает возможность более эффективно распределять нагрузки между электростанциями;

4) передачи большого количества энергии на дальние расстояния из районов дешевых энергоресурсов в районы, отдаленные от этих ресурсов. Например, весной из Поволжья передавать большое количество электроэнергии, произведенной на ГЭС, на Урал. Зимой, наоборот, с Урала, где много ТЭС, электроэнергия передается в Поволжье;

5) взаимопомощи регионов при авариях, непредвиденных изменениях нагрузки и т.п.

Соотношение и разнообразие использования разного вида топлива для производства тепловой и электрической энергии зависят от природно-ресурсного потенциала страны, ее технологических возможностей, дешевизны того или иного источника энергии, а также объема потребления последней. Структура потребления и расходования первичных энергоресурсов называется ***топливно-энергетическим балансом*** (ТЭБ) (прил. 1.11). Так, основными источниками для производства энергии в России являются природный газ и нефть, а в Канаде – гидроэнергоресурсы и только потом углеводородное сырье. В крупнейших развивающихся странах мира Китае и Индии на первом месте в ТЭБ – уголь, а во Франции (один из лидеров европейской экономики) – ресурсы атомной энергетики.

Электроэнергия попадает к потребителям с помощью электронного транспорта. Линии электропередач (ЛЭП) представляют собой металлический проводник (кабель), по которому проходит электрический ток. В современных ЛЭП повсеместно используется переменный ток[1]. По особенностям организации ЛЭП делятся:

а) на ***воздушные***, прокладываемые над поверхностью земли на специальных опорах. Основными их достоинствами являются относительная дешевизна (из-за отсутствия изоляционных слоев), доступность, легкий визуальный контроль. Однако они имеют целый ряд недостатков: существует необходимость в широкой полосе отчуждения, где запрещено выращивать деревья и строить какие-либо сооружения; подвержены внешним воздействиям, поэтому необходимо оборудовать основную и запасную линии, что удораживает их эксплуатацию; нарушают эстетический вид, особенно городского пространства;

б) ***кабельные***, проводимые под землей и имеющие внешнюю и внутреннюю изоляции. Бывают коллекторные и бесколлекторные кабельные линии: в первом случае они проводятся в бетонных каналах и

[1] ЛЭП с постоянным током не так много: наиболее известны высоковольтные линии Москва – Кашира, Волгоград – Донбасс и Экибастуз – Урал.

через определенное расстояние выводятся на поверхность, во втором – прямо в грунте. В отличие от воздушных линий для них не требуется полоса отчуждения, а следовательно, экономится место в густонаселенных городах. Однако и они имеют свои недостатки, главные из которых сводятся к высокой стоимости их строительства и дальнейшей эксплуатации, а также отсутствию возможности визуального наблюдения.

Кроме того, по напряжению ЛЭП характеризуются как низшего класса напряжений (до 1 кВ), среднего (1–35), высокого (110–220), сверхвысокого (330–750) и ультравысокого (более 750 кВ), а по назначению как:

1) сверхдальние напряжением 500 кВ и выше, предназначенные для связи отдельных энергосистем;

2) магистральные напряжением 220 и 330 кВ, предназначенные для передачи энергии от мощных электростанций, а также для передачи и объединения электростанций внутри энергосистем (рис. 1.37,а);

3) распределительные напряжением 35, 110 и 150 кВ, предназначенные для электроснабжения предприятий и населенных пунктов крупных районов (рис. 1.37,б);

4) подводящие напряжением 20 кВ и ниже, доставляющие электроэнергию потребителям.

а) б)

Рис. 1.37. Виды ЛЭП по назначению (а – магистральная ЛЭП Сургут – Нижневартовск; б – распределительная ЛЭП от Яйвинской ГРЭС)

Наиболее мощная ЛЭП в мире имеет проектное напряжение в 1150 кВ и построена по маршруту Экибастуз – Кокчетав – Челябинск.

Общая схема транспортировки и распределения сгенерированных мощностей представлена на рис. 1.38.

1.6.3. Тепловая энергетика: основные виды предприятий и технологии работы электростанций

Тепловая электростанция (ТЭС) – предприятия по выработке электроэнергии (и тепловой энергии) на основе сжигания натурального или искусственного топлива. На ТЭС тепловая энергия сжигаемого топ-

лива превращается в механическую энергию вала паровой турбины, которая в свою очередь трансформируется в электрическую энергию в электрогенераторе.

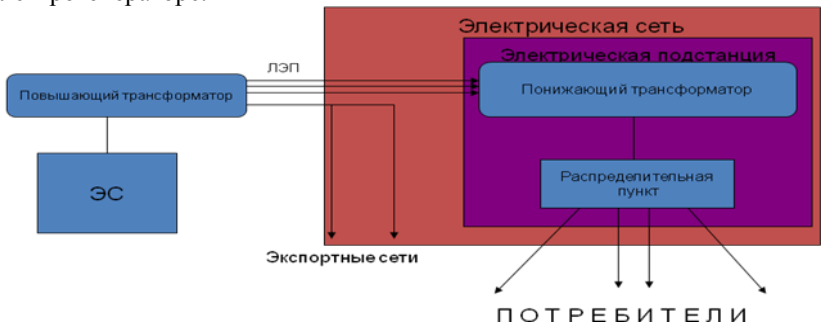


Рис. 1.38. Схема передачи электроэнергии от производителей к потребителям

В качестве топлива используются твёрдые виды (угли), жидкие (мазут) и газообразные (природный, коксовый или доменный), а также вода как теплоноситель. Роль вспомогательного сырья играет воздух, обеспечивающий необходимое условие горения топлива. Использование того или иного вида топлива зависит от его себестоимости и транспортных издержек его доставки. В Пермском крае все тепловые станции переведены на режим использования природного газа, идущего транзитом через регион в Центральную Россию и на экспорт.

Выделяют следующие виды ТЭС:

– паротурбинные (котлотурбинные), подразделяемые на конденсационные (КЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ);

– газотурбинные;

– электростанции на парогазовых установках.

Наиболее крупными тепловыми станциями являются КЭС, которые исторически получили название ГРЭС – государственная районная электростанция – за свою роль в реализации плана ГОЭЛРО, когда они стали ядрами зарождающихся промышленных комплексов в экономических районах. Первая ГРЭС была построена в г. Электрогорске Московской области в 1912–1914 г. (ныне – ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона). Крупнейшей ТЭС в современной России и одной из крупнейших в мире[1] является Сургутская-2 мощностью 5,6 тыс. МВт. Другие крупные имеют мощ-

[1] Крупнейшей в мире считается Тайчжунская ТЭС на Тайване, работающая на привозном австралийском угле. В китайской провинции Фунцзянь в 2006–2008 гг. введены в строй первые энергоблоки ТЭС «Кэмэнь», проектная мощность которой рассчитана на 10,4 млн кВт.

ность более 2,0 тыс. МВт: Рефтинская, Костромская, Рязанская, Ириклинская, Пермская и пр. (прил. 1.12).

Паротурбинные электростанции отличаются единой технологией производства электроэнергии и работают с помощью турбины, вращающейся под воздействием проходящего через нее потока горячего водяного пара, сгенерированного в парогенераторе при сжигании топлива (рис. 1.39). Чаще всего они имеют систему оборотного водоснабжения, осуществляемого с помощью градирен, что повышает их экологическую значимость. Однако между ними есть и отличия.

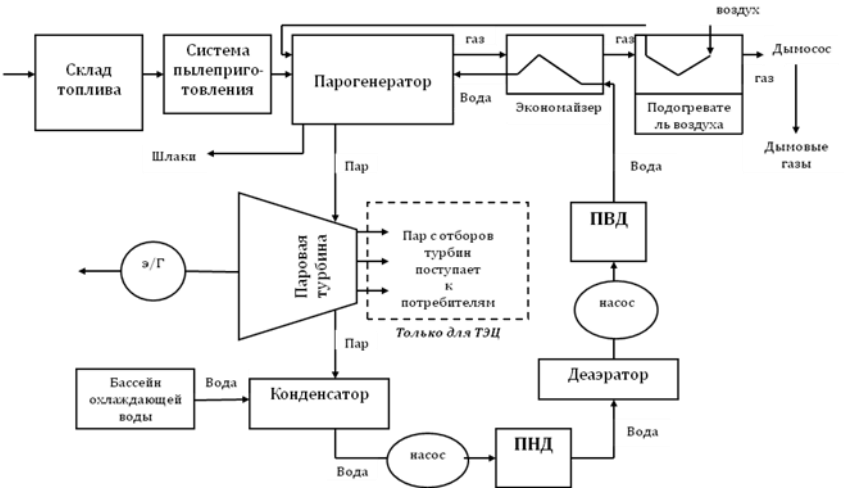


Рис. 1.39. Блок-схема работы тепловой паротурбинной электростанции: э/Г – электрогенератор; ПВД – высокого давления; ПНД – подогреватель низкого давления

КЭС предназначена только для выработки электрической энергии и располагается на отдалении от потребителя. Она более мощная, чем все другие виды тепловых станций, и работает на обширную территорию. В отличие от КЭС ТЭЦ предназначена в первую очередь для выработки тепловой энергии (пара) и попутно электрической. Как правило, ТЭЦ строится вблизи тех предприятий, городов или микрорайонов крупнейших городов, которым необходимо снабжение паром. Она отличается от КЭС и конструкцией паровой турбины: их устанавливают со специальными отборами. Через турбину на ТЭЦ проходит только часть пара, другая часть идет к потребителю тепловой энергии. Эти отборы устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить потребителя паром соответствующих параметров (температура и давление).

Газотурбинные и парогазовые станции рассматриваются в качестве альтернативных традиционных КЭС и ТЭЦ и относятся к т.н. малой энергетике.

Основу *газотурбинной электростанции (ГТЭС)* составляют один или несколько газотурбинных двигателей – силовых агрегатов, механически связанных с электрогенератором и объединенных системой управления в энергетический комплекс. Газотурбинная электростанция может иметь электрическую мощность от двадцати кВт до сотни МВт. Она способна также отдавать потребителю значительное количество (вдвое больше электрической мощности) тепловой энергии, если установить на выхлопе турбины котел-утилизатор.

Принцип работы ГТЭС основан на смешивании в специальной газовой камере основного топлива – газа – и чистого воздуха, подаваемого под давлением из компрессора. В процессе воспламенения и горения указанной смеси образуется поток раскаленных газов, который устремляется на колесо газовой турбины (**ГТ**), которая в свою очередь приводит в движение электрогенератор (рис. 1.40).

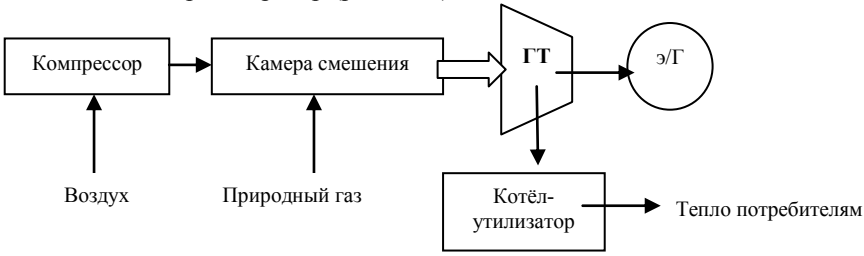


Рис. 1.40. Блок-схема работы газотурбиной электростанции

Электростанции на парогазовых установках (ПГУ) совмещают принцип работы и паротурбинных, и газотурбинных установок и содержат оба вида двигателей (турбин). В газотурбинной установке турбину вращают газообразные продукты сгорания топлива. Топливом может служить как природный газ, так и дизельное топливо. На одном валу с турбиной находится генератор, который за счет вращения ротора вырабатывает электрический ток. Проходя через газовую турбину, продукты сгорания отдают лишь часть своей энергии и на выходе из неё, когда их давление уже близко к наружному и работа не может быть ими совершена, все ещё имеют высокую температуру. С выхода газовой турбины (**ГТ**) продукты сгорания попадают в паросиловую установку, в котёл-утилизатор, где нагревают воду, образуя водяной пар. Температура продуктов сгорания достаточна для того, чтобы довести пар до состояния, необходимого для использования в паровой турбине (**ПТ**) (температу-

ра дымовых газов около 500° С позволяет получать перегретый пар при давлении около 100 атм). Паровая турбина приводит в действие второй электрогенератор (рис. 1.41).

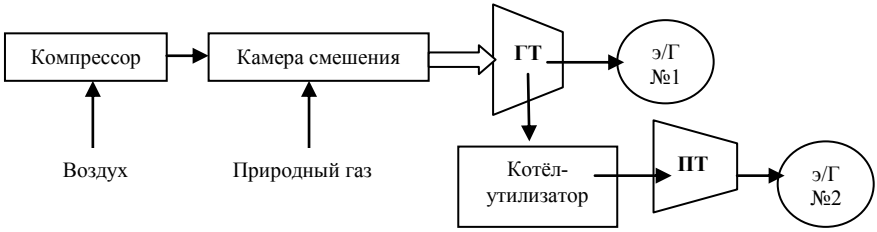


Рис. 1.41. Блок-схема работы парогазовой установки на ТЭС

Преимуществами ПГУ является более высокий КПД – около 60%, тогда как у отдельных КЭС он может доходить только до 33–45%, а у ГТЭС – 28–45%; короткие сроки возведения; более низкая себестоимость производимой электроэнергии; мобильность и компактность, а также меньшее использование воды. Одной из первых ТЭС, перешедших на ПГУ, была Северо-Западная ТЭС в Санкт-Петербурге. Ныне подобного рода установки используются более чем на 10 электростанциях России, в т.ч. на Сочинской ТЭС. В то же время надо отметить, что в отдельные периоды года ТЭЦ также могут быть весьма полезны. Так, зимой за счет отбора пара КПД теплоэлектроцентралей может достигать 70%.

1.6.4. Ядерная энергетика: основные виды предприятий и технологии работы электростанций

На атомных электростанциях ядерная энергия преобразуется в электрическую. Генератором энергии на АЭС является атомный реактор. Тепло, которое выделяется в реакторе в результате цепной реакции деления ядер некоторых тяжелых элементов затем так же, как и на обычных ТЭС, преобразуется в механическую энергию с помощью паровой турбины, а затем в электрическую энергию с помощью электрогенератора.

В качестве исходного сырья используется природный уран U^{235} или искусственное сырье – плутоний Pu^{239}. Один грамм урана или плутония при делении высвобождает энергию эквивалентную энергии, сосредоточенной в 2,8 т условного топлива. Природный уран U^{235} содержится в рудах в концентрации 0,7%. Остальную часть составляет неделящийся U^{238}. Если учесть это обстоятельство, то становится очевидным, что процесс обогащения руд технически очень сложен и соответственно дорогостоящ.

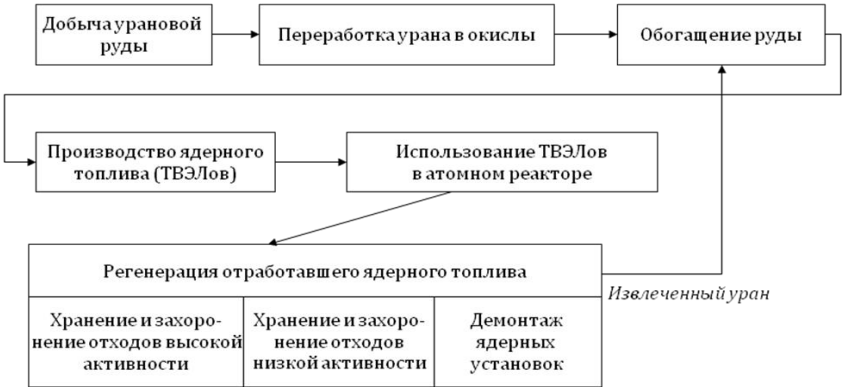


Рис. 1.42. Схема ядерно-технологического цикла (по М.П. Ратановой) [11]

Производству электроэнергии на АЭС предшествуют многочисленные технологические операции ядерно-технологического цикла. В его состав входят следующие взаимосвязанные производства (рис. 1.42):

– добыча урановой руды, ее переработка с получением урановых концентратов. Руда добывается открытым или закрытым (шахтным) способом в зависимости от горно-геологических условий залегания пород[1]. Основные месторождения урановых руд России расположены в Сибири (Забайкальский край), республиках Тыва и Саха (Якутия), а также Хабаровском крае (прил. 1.13). Полученная руда подвергается предварительной обработке, измельчению, выщелачиванию с помощью серной кислоты. Обработка идет на гидрометаллургических заводах (ГМЗ). Мощности ГМЗ составляют от 500 до 50000 т уранового концентрата в год.

Еще один способ добычи, получивший популярность в последнее время, – скважинное подземное выщелачивание (СПВ). При СПВ бурят 6 скважин по углам шестиугольника, через которые в рудное тело закачивают серную кислоту. В центре шестиугольника бурят еще одну скважину и через нее выкачивают на поверхность раствор, насыщенный солями урана. Продуктивный раствор пропускают через сорбционные колонны, в которых соли урана собираются на специальной смоле. Далее выделяют осадок солей урана – «желтый кек» (yellow cake – *англ.* «желтый пирог»).

Желтый кек содержит достаточно много примесей, от которых его очищают с помощью аффинажа, затем прокаливанием получают закись-окись урана (U_3O_8) – конечный продукт, которым торгуют на бирже;

[1] Австралия, Какаду, урановые рудники … URL: http://world-japan.livejournal.com/535432.html (дата обращения: 10.01.2016).

– разделение изотопов (обогащение) урана на горно-металлургических комбинатах. Из-за малого содержания делящегося U^{235} закись-окись урана подвергают обогащению (до 3%). Уран с помощью фтора превращают в газообразный гексафторид урана UF_6. Затем изотопы разделяют с помощью нескольких способов – разделения на фильтрах, каскадной диффузии, центрифугирования газов. Продукцией предприятий по обогащению являются тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы);

– изготовление ТВЭЛов, которые выполняются в виде тонких труб диаметром 1 см и толщиной 1,5 см, наполненных таблетками обогащенного ядерного топлива. Трубки изготавливаются из специальных металлов (циркония, алюминия) и должны обеспечивать необходимые условия теплоотвода и замедления (гашения) нейтронов при делении ядер урана или плутония с помощью графитовых стержней. Затем топливные сборки собирают в специальные пакеты, кассеты и блоки. Производством всех ТВЭЛов в России сегодня занимается АО «Топливная компания "ТВЭЛ"», которая является частью АО «Атомэнергопром», консолидирующей все гражданские активы Росатома. На протяжении последних лет производство ТВЭЛов постоянно растет, в т.ч. за счет увеличивающегося экспорта, даже несмотря на замедление темпов добычи урановой руды в стране (рис. 1.43).

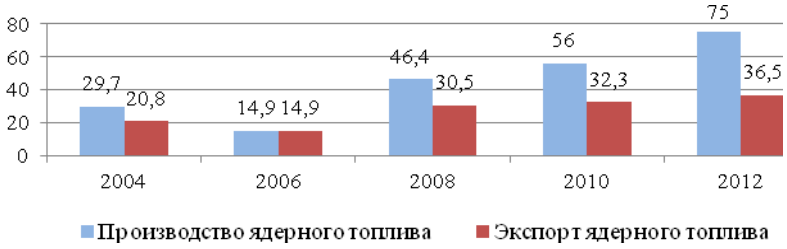


Рис. 1.43. Динамика производства ядерного топлива на АО «ТВЭЛ», в т.ч. для экспортных поставок в 2004–2012 гг., млрд руб. [23]

– производство тепловой и электрической энергии на АЭС;

– регенерация отработавшего ядерного топлива на радиохимических заводах, хранение и захоронение отходов высокой и низкой удельной активности. Примерно 10% использованного на АЭС ядерного топлива направляется на переработку для извлечения урана и плутония с целью повторного использования. Обогащение урана и производство плутония сосредоточены на радиохимических предприятиях специализированных городов (т.н. ЗАТО, подчиняющихся Росатому). Технология регенерации заключается в выделении радиоактивных отходов и пригодного топлива. Уран и плутоний после дополнительной обработки и очистки снова на-

правляются на производство ТВЭЛов, а активные продукты распада готовят к захоронению. Для наиболее опасных отходов разработан метод остекловывания: их растворы концентрируют, подвергают химической обработке, плавят при температуре 1150º С со стеклянным порошком и затем сливают в толстостенные емкости из нержавеющей стали;

– транспортировка топлива между различными предприятиями цикла.

На АЭС энергию превращения воды в пар получают путем расщепления ядер урана (плутония, тория) в *ядерном реакторе*. В нем проводят управляемую цепную реакцию, при которой допускается расщепление ровно такого количества ядер, которое требуется для выработки электроэнергии.

В реакторе тяжелые ядра урана или плутония, поглощая свободные тепловые нейтроны (медленные, обладающие невысокой энергией), распадаются на более легкие ядра. При делении выделяется большое количество тепловой энергии и дополнительные нейтроны – в среднем в 2,0–2,5 раза больше количества поглощенных. Эти выделяемые нейтроны обладают большой энергией (быстрые нейтроны) и не могут участвовать в дальнейшем делении ядер без гашения их энергии до энергии тепловых нейтронов (рис. 1.44). Цепная реакция будет управляемой, когда количество поглощаемых тепловых нейтронов будет равно количеству быстрых нейтронов.

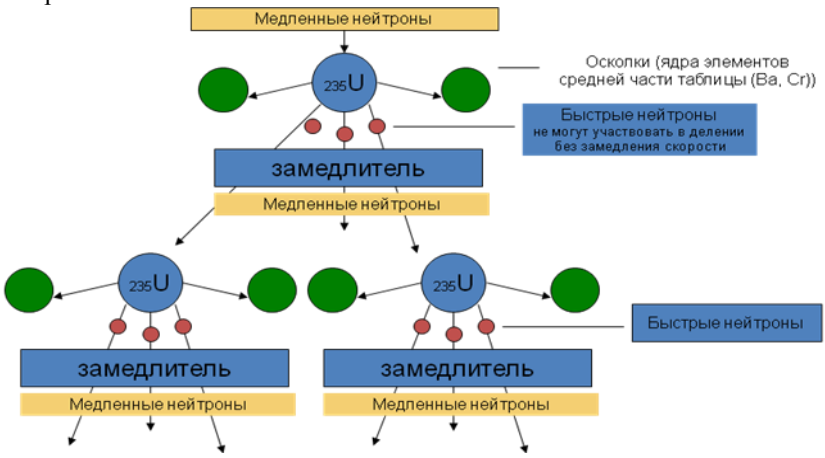


Рис. 1.44. Цепная управляемая ядерная реакция в атомных реакторах на медленных нейтронах

При этом важен *Кр* – коэффициент размножения нейтронов. Он зависит от критической массы уранового топлива. Критическая масса оп-

ределяет то количество делящего вещества (топлива), которое должно находиться в атомном реакторе, чтобы количество нейтронов в каждом следующем поколении было равно количеству нейтронов в предыдущем. Коэффициент размножения *Kp* должен быть равен 1. Если *Kp* < 1, то реакция постепенно сходит на нет, а реактор останавливают, если *Kp* > 1, то происходит взрыв.

Для регулирования размножения используют *замедлители (гасители)* нейтронов, *регулирующие стержни*, включающие способные поглощать нейтроны бор и кадмий (для регулирования реакции их вводят или выводят из реактора) и *конструкционные материалы*, препятствующие выходу нейтронов из реактора.

Через реактор пропускается *теплоноситель*, который поддерживает необходимую температуру в реакторе и в то же время, нагреваясь, сам в дальнейшем разогревает воду, находящуюся в I контуре, превращая ее в пар. Последний под большим давлением поступает во II контур, также нагревает находящуюся там воду, которая в виде пара под давлением приводит в движение турбину и вал электрогенератора (рис. 1.45). Все операции на современных АЭС компьютеризированы.

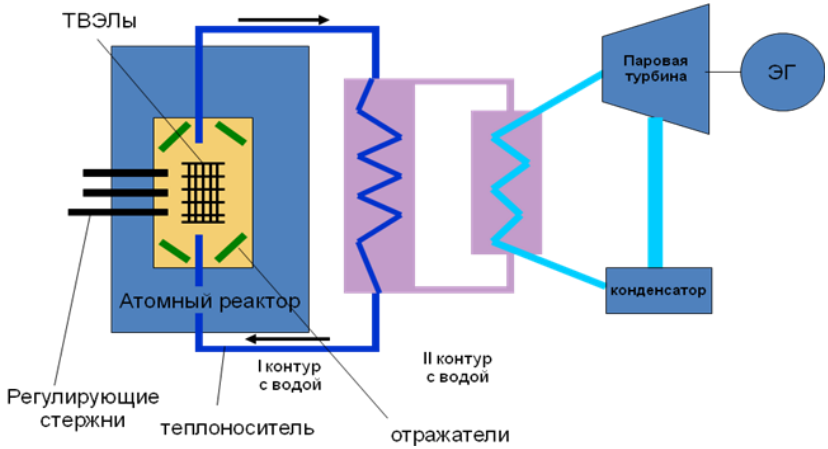


Рис. 1.45. Схема работы АЭС

В зависимости от вида энергоносителя (теплоносителя) и способа гашения энергии быстрых нейронов АЭС подразделяются[1]:

– на водо-водяные под давлением (PWR – pressurised water reactor – наиболее распространен в мире; ВВЭР – в странах СНГ и Восточной Европе), где в качестве энергоносителя и замедлителя используется вода;

[1] Типы ядерных энергетических реакторов // География. 2010. №1. С. 26.

– водо-водяные кипящие (BWR – boiling water reactor – распространены в США; РМБК (реактор большой мощности канальный) – распространены в странах СНГ);

– реакторы с тяжелой водой (PHWR – pressurised heavy water reactor), принятые к эксплуатации в Канаде и Индии;

– графитогазовые (-гелиевые), у которых замедлителем является графит, энергоносителем – пары углекислого газа (иногда гелия). Реакторы GCR (gas cooled reactor) наиболее распространены в Великобритании.

Учитывая маленькую долю делящегося урана в руде и концентрате, разработаны атомные реакторы на быстрых нейтронах (БН) с энергией более 105 электронвольт, позволяющие вовлекать в процесс деления U^{238}. Он используется в качестве замедлителя и в реакторе превращается в изотоп плутония с атомной массой 239 (рис. 1.46). В этих реакторах на 100% используемого природного U^{235} вырабатывается в несколько раз больше искусственного Pu^{239}. Таким образом, такой реактор наряду с тепловой энергией производит еще и дополнительное топливо, позволяет утилизировать плутоний из ядерных боезарядов.

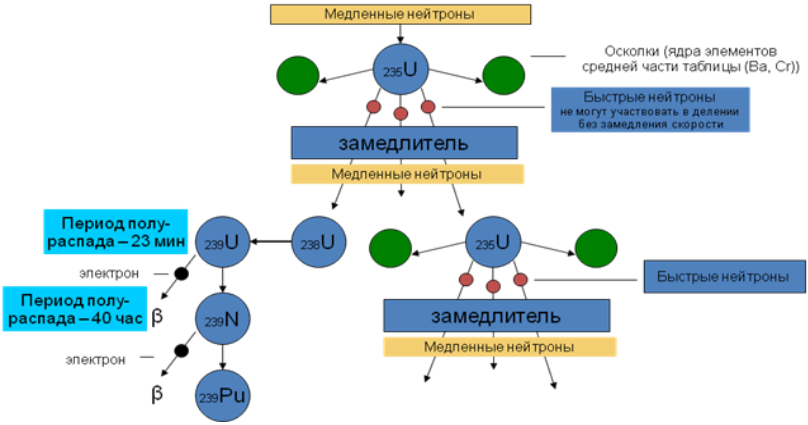


Рис. 1.46. Цепная управляемая ядерная реакция в атомных реакторах на быстрых нейтронах

Эксперименты по созданию реакторов БН велись в 1960–1980-е гг., а после были остановлены из-за риска аварий и высоких затрат. В 2011 г. в промышленном режиме работали только три реактора БН в России, Франции, Японии (АЭС Белоярская, Феникс и Мандзу соответственно).

При правильной эксплуатации АЭС – наиболее экологически чистые производители энергии. По сравнению с обычными ТЭС они требуют в тысячи раз меньше воздуха для разбавления выбросов (в основном

инертных газов) до ПДК. Их функционирование не приводит к образованию и поддержанию «парникового эффекта», который является главным следствием использования углеводородов в качестве топлива. Действующие и строящиеся атомные станции России представлены в прил. 1.14.

1.6.5. Гидроэнергетика: основные виды предприятий и технологии работы электростанций

На **гидроэлектростанциях (ГЭС)** энергия падения воды в гидротурбинах превращается в механическую энергию вращения, которая в свою очередь в электрических генераторах, механически связанных с турбиной, превращается в электрическую энергию.

Обычно ГЭС входит в состав **гидроузла**, в котором есть плотина, обеспечивающая необходимый напор воды, судопропускные устройства (шлюзы), устройства водосброса. Плотина является наиболее важным и ответственным звеном гидроузла. Высота плотины определяется площадью затопления земель при проектировании площади водохранилища. Зеркало воды перед и после плотины называют соответственно верхним и нижним бьефом. Разницу высот между верхним и нижним бьефами называют напором (Н) ГЭС. На случай превышения допустимой величины напора предусмотрена система аварийного сброса воды (водосброс) из верхнего бьефа в нижний.

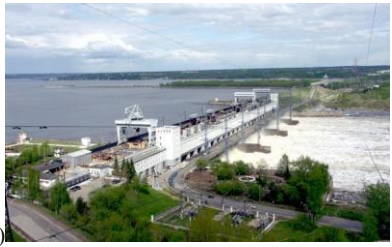
а)  б)

Рис. 1.47. Гидроузел Камской ГЭС: а – плотина и водослив, здание станции; б – шлюзы[1]

Таким образом, строительство крупной равнинной ГЭС решает сразу несколько задач: выработка электрической энергии, обеспечение судоходства, снабжение питьевой водой, мелиорация земель.

[1] Гидроузел Камской ГЭС. URL: http://photo.qip.ru/users/volgo-don-99/150413145/177768652/, http://www.pfnews.ru/news/cat/russia/page797.html (дата обращения: 10.03.2016).

Потенциальная мощность гидроэнергии (N) в водотоке, измеряемая в кВт, зависит от высоты напора воды (H) и ее расхода (R), т.е. количества воды, протекающей в выбранном створе реки за секунду ($м^3$/сек). Она может быть определена по формуле (1.3)

$$N = j*H*R, \qquad (1.3)$$

где j – коэффициент полезного действия гидроагрегатов (средний КПД = 0,8 – 0,85 на 1 кВт мощности).

Количество вырабатываемой электрической энергии на ГЭС определяется по формуле (1.4)

$$Э = P*t, \qquad (1.4)$$

где $Э$ – количество вырабатываемой электроэнергии, кВт*ч;

P – мощность электрогенераторов, установленных на станции, кВт;

t – время работы гидроагрегатов, ч.

Равнинные ГЭС в зависимости от типа плотины и ее высоты бывают русловые и приплотинные. При русловых ГЭС здание гидроэлектростанции является продолжением плотины и должно выдерживать напор воды. Это, как правило, низконапорные ГЭС, где высота плотины не превышает 25 м. Если напор воды превышает 25 м, то здание ГЭС размещается внизу за плотиной – это приплотинные электростанции.

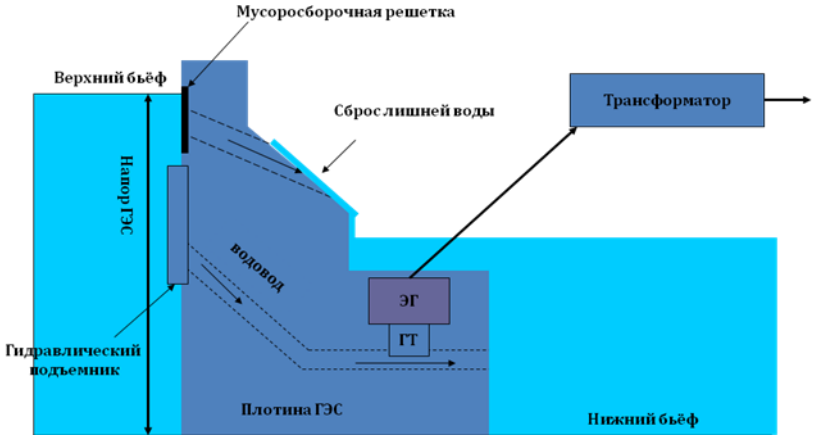


Рис. 1.48. Блок-схема работы равнинной ГЭС

Принцип работы такой ГЭС прост (рис. 1.48). В теле плотины или по её поверхности проходят водоводы, по которым вода поступает к гидротурбине, а затем через отсасывающую трубу в нижний бьеф. Поток воды регулируется затвором, который управляется с помощью крана. Гидротурбина приводится в движение водой, подаваемой по водоводу. Вал турбины приводит в движение гидрогенератор, где вырабатывается электрическая энергия, которая повышается трансформатором с низкого напряжения до более высокого.

На горных реках сооружаются *деривационные ГЭС*, которые используют большие естественные уклоны реки. К системе деривационных сооружений относят сооружения, направляющие воду в обход естественного русла реки: деривационные каналы, туннели, трубы (рис. 1.49).

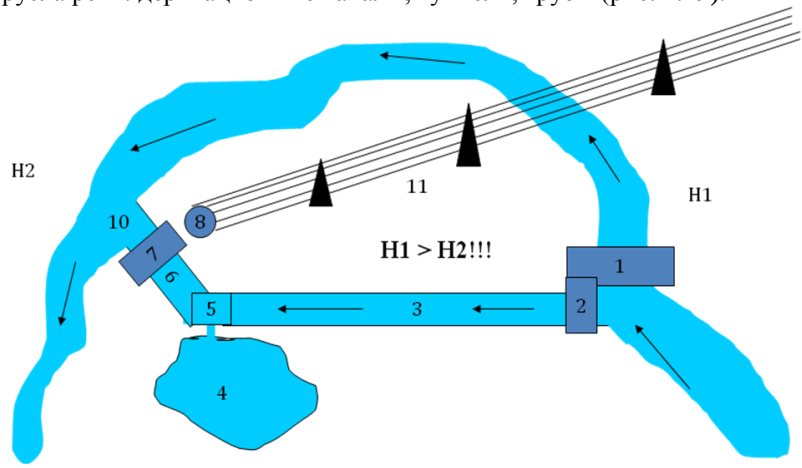


Рис. 1.49. Блок-схема работы деривационной ГЭС:
1 – плотина; 2 – водоприемник; 3 – деривационный канал; 4 – бассейн суточного регулирования; 5 – напорный бассейн; 6 – турбинный водопровод; 7 – здание ГЭС; 8 – распределительное устройство; 10 - водосброс; 11 – ЛЭП

Быстрое развитие получают **гидроаккумулирующие ГЭС (ГаЭС)**, которые не требуют присутствия на территории большого гидроэнергопотенциала, мощного водотока и не занимают больших площадей, что очень удобно для их строительства в густонаселенных районах. В часы минимальных нагрузок (ночью) турбины ГаЭС работают в насосном режиме: перекачивают воду из нижнего бассейна в верхний, используя мощности внешних электроустановок (рис. 1.50). В часы пик турбины работают в обратном режиме, вырабатывая электроэнергию самостоятельно. При этом количество производимой электроэнергии в 5–6 раз больше потребленного количества. Это наиболее эффективный способ

производства пиковой электроэнергии, позволяющий экономить сотни тыс. т условного топлива.

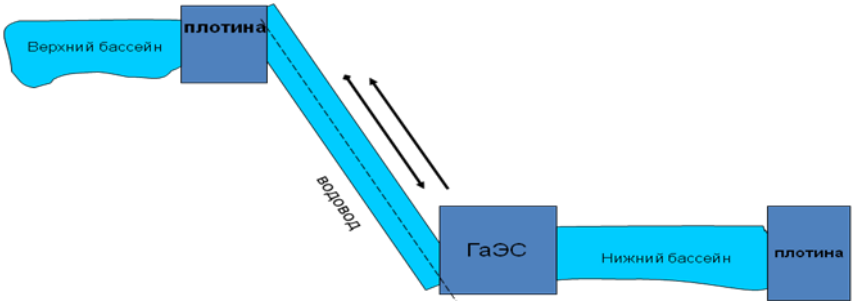


Рис. 1.49. Блок-схема работы ГаЭС

К сожалению, в России традиционное направление гидроэнергетики преобладает над строительством ГаЭС: в настоящий момент работают только четыре подобных станции – Кубанская (Ставропольский край), Загорская (г. Сергиев Посад), гидроаккумулирующий комплекс канала им. Москвы и Зеленчукская (Карачаево-Черкесия). Последняя введена в строй в конце 2016 г.

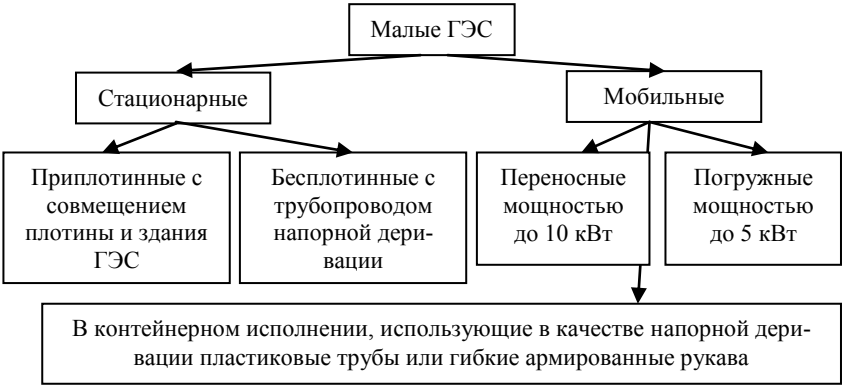


Рис. 1.50. Виды электростанций малой гидроэнергетики

К альтернативным ГЭС можно также отнести **малые и мини- гидравлические установки (МГЭС)**[1] с мощностью менее 25–30 МВт (рис.

[1] В современных санитарных нормах и правилах понятие «малая ГЭС» отсутствует.

1.50), ранее широко распространенные в сельском местности. В связи со строительством крупных станций многие из них были закрыты (в т.ч. в Пермском крае). В настоящее время в стране действует около сотни ГЭС мощностью до 6 МВт с суммарной мощностью 90 МВт и выработкой около 200 млн кВт*ч в год. Большинство из них находится на Северном Кавказе, в Карелии, районе Московского гидроузла и на Южном Урале[1]. Однако наибольший потенциал для их развития есть в азиатской части страны (рис. 1.52).

Между тем интерес к ним возрождается, особенно на территориях, имеющих автономное электроснабжение. МГЭС уже сегодня могут конкурировать с дизельными генераторами, являются привлекательными для малого и среднего бизнеса источниками энергии, создают импульсы для локального и регионального развития [21].

Рис. 1.52. Технический потенциал малых ГЭС по федеральным округам России, млрд кВт*ч/год [21]

В то же время основу российской гидроэнергетики составляют 40 ГЭС единичной мощностью 100 МВт и более. Крупнейшие ГЭС в России равнинного типа располагаются в Восточной Сибири. Они составляют т.н. Ангаро-Енисейский каскад. Крупнейшие ГЭС в европейской части страны находятся в пределах Волжского речного бассейна (Волго-Камский каскад) (прил. 1.15). За их пределами крупные ГЭС мощностью чуть менее 1 тыс. МВт располагаются на реках восточной части страны (Вилюе, Колыме, Курейке, Оби и Хантайке). Гидроэлектростанции сред-

[1] Малая гидроэлектростанция // Электронная энциклопедия «Википедия». URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Малая_гидроэлектростанция (дата обращения: 02.02.2016).

ней мощности (от 300 до 100 МВт) располагаются на реках Северного Кавказа, Мурманской области, Карелии и Ленинградской области.

ГЭС – наиболее эффективные источники электроэнергии. Они используют возобновимые ресурсы, что позволяет сократить перевозки и экономить минеральное топливо (на производство 1 кВт*ч расходуется около 0,4 кг условного топлива), обладают простотой управления и очень высоким коэффициентом полезного действия (более 80%). По этим причинам ГЭС производят электроэнергию более дешевую, чем тепловые установки.

2. ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ ЧЁРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

2.1. Состав, роль и значение металлургических производств в современной экономике России

Металлургические производства объединяют совокупность связанных между собой промышленных предприятий и технологических процессов – от добычи основного и вспомогательного сырья до выпуска готовой продукции – черных и цветных металлов и их сплавов, а также группу обеспечивающих их функционирование видов промышленной деятельности (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Совокупность металлургических и связанных с ними производств

Роль и значение металлургии определяются в первую очередь тем, что она служит фундаментом для развития машиностроения, в т.ч. наукоёмкого, а следовательно, является важной частью современной НТР. Кроме того, металлы являются востребованным видом конструкционных материалов для домостроения, производства элементов домашнего интерьера, производственного строительства и пр.

Важно отметить *районообразующую роль металлургии* для многих субъектов РФ, особенно восточного и южного Урала, юга Центрального федерального округа и Западной Сибири, всей Восточной Сибири и Дальнего Востока. Здесь сосредоточены крупнейшие отечественные предприятия чёрной и цветной металлургии, которые обеспечивают наполнение местных и региональных бюджетов, дают большое количество мест для работы трудоспособному населению и в целом являются гарантами социально-экономической стабильности на территории. Многие из этих предприятий имеют и *комплексообразующую функцию*, формируя вокруг себя смежные производства и способствуя диверсификации региональных экономик (район Курской магнитной аномалии, Кузбасс, Средний и Южный Урал, Череповец и др.).

Таблица 2.1

Основные показатели работы металлургии России в 2013 г.*

Вид экономической деятельности	Общее количество организаций, ед. / % от российского показателя	Объем отгруженных товаров и выполненных работ и услуг, млрд руб. / % от российского показателя	Среднегодовая численность занятых, тыс. чел. / % от российского показателя
Добыча железных руд (2011)	н.д.	316,5	62,3
Добыча руд цветных металлов (2011)	н.д.	310,2	120,5
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	44006 / 9,7	1113,8 / 2,7	991,0 / 5,2
Всего по промышленному комплексу страны	***451575 / 100***	***41372,7 / 100***	***18738,5 / 100***

*Составлено по источнику: Промышленность России. 2014: стат. сб. М, 2015. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_48/Main.htm

Данные табл. 2.1. отражают значимую роль металлургии среди всех других индустриальных производств: в ней и смежных с ней отраслях

занято более 1 млн чел., а ее вклад в производство общестранового промышленного продукта – более 5% (то и другое с учетом добычи металлургического сырья). Исторически особую роль в этом играют предприятия черной металлургии. Однако в силу происходящих изменений на внутреннем и внешних рынках потребление черных металлов постоянно снижается. В связи с данной общемировой тенденцией цветная металлургия будет играть определяющую роль уже к концу XXI в.

Металлургический комплекс не только важен для устойчивого развития российской экономики, он обеспечивает значимую часть экспортных поставок страны на внешние рынки, несмотря на определенные противоречия и трудности. О.А. Романова показывает, что металлы составляют около 15% вывозной продукции России по стоимости, в т.ч. более 50% товаров Свердловской области для внешней продажи [34].

Среди основных технолого-экономических особенностей производства в металлургическом комплексе отметим:

– высокую степень территориальной концентрации производства;

– высокий уровень комбинирования (технологического и комплексного) и кооперирования. Так, на основе утилизации разного рода отходов при выплавке чугуна, стали и коксовании угля черная металлургия притягивает химические производства и промышленность стройматериалов. Кроме того, высока гравитационная связь с тепловой электроэнергетикой и металлоемким машиностроением (металлургическое и горное оборудование, тяжелые станки, металлоконструкции, локомотивы и др.). Цветная металлургия также притягивает к себе химические предприятия (производство кислот и солей, бытовую химию), тепловую и гидравлическую энергетику, электротехническое машиностроение, которое потребляет значительное количество медных сплавов;

– значительный уровень монополизма. Более 80 % объёма промышленного производства чёрной металлургии России приходится на 9 крупных компаний: ПАО «ЕвразХолдинг С.А.», «Северсталь», «Новолипецкий металлургический комбинат», «Мечел», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», «Трубная металлургическая компания», АО «Объединённая металлургическая компания», Группа Челябинского трубопрокатного завода [26]. Среди крупнейших производителей цветных металлов выделяются компании ПАО «Корпорация «ВСМПО-Ависма», «ГМК “Норильский никель”», ОК «Русский алюминий» и ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (прил. 2.1).

В то же время между черной и цветной металлургией существует очевидная разница: потребление черных металлов в России и мире в последние годы находится на одном уровне, что вызывает стагнацию отрасли, в то время как цветные металлы становятся все более востребо-

ванными, а роль цветной металлургии в индустриальной секторе страны с каждым годом увеличивается.

2.2. Основные технологические процессы в черной металлургии

К черным металлам относятся сплавы железа с углеродом (чугун, сталь) и полуфабрикатные изделия из них (прокат), а также марганец и хром, используемые как легирующие элементы.

Россия по выплавке черных металлов в конце 1980-х гг. занимала 2-е место в мире после Японии. Затем произошел спад производства в связи с общей кризисной ситуацией (рис. 2.2, 2.3). В результате по выплавке чугуна наша страна в 2013 г. заняла 4-е место после Китая, Японии и Индии, по выплавке стали – 5-е (после Китая, Японии, США, Индии), по добыче железной руды – также 5-е, уступая Китаю, Австралии, Бразилии и Индии [36, с. 43]. В то же время она входит в первую десятку стран по экспорту стали и занимает 1-е место по экспорту чугуна.

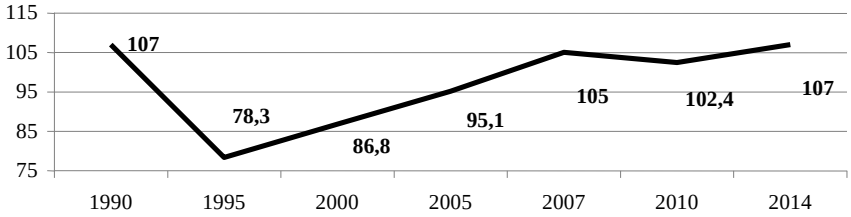


Рис. 2.2. Динамика производства товарной железной руды в России в 1990–2014 гг., млн т [23, 36, 39]

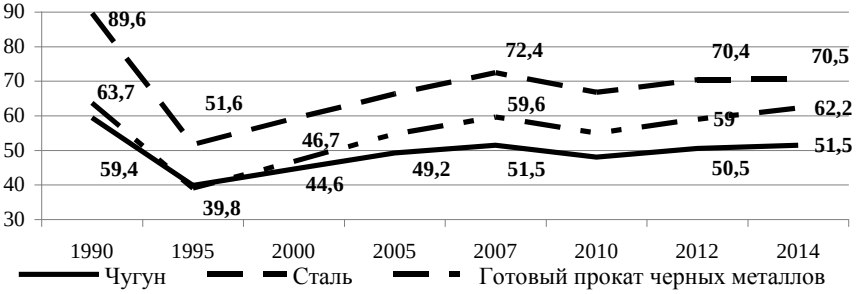


Рис. 2.3. Динамика производства основных видов черных металлов в России в 1990–2014 гг., млн т [23, 36, 39]

Основные запасы железных руд России сосредоточены в пределах Центрального федерального округа: в крупнейших месторождениях Курской магнитной аномалии (более 60 млрд т), на Урале (около 15 млрд) и в бассейнах Западной и Восточной Сибири (прил. 2.2). В целом география железорудных месторождений совпадает с географией производства черных металлов, что отражает сырьезависимость данного вида промышленной деятельности и включение крупнейших месторождений в состав наиболее важных металлургических холдингов. Так, Стойленский ГОК принадлежит ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат», месторождения Свердловской и Кемеровской областей разрабатывают структуры, подчиненные Evraz Group S.A.; месторождения Карелии – ПАО «Северсталь» и др.

Производством черных металлов в основном занимаются крупные предприятия с комбинированным циклом производств – т.н. *комбинаты полного цикла* (КПЦ). В России они дают примерно 9/10 чугуна, стали и проката. Кроме того, есть заводы, выпускающие только чугун и изделия из него (*доменные заводы*); только сталь и прокат (*передельные заводы*); отдельно трубный прокат (*трубопрокатные заводы*) или металлические изделия из него (*метизные заводы*). Особое положение по технолого-экономическим параметрам занимают предприятия с электрометаллургическим производством стали и ферросплавов. Добычей железной руды занимаются *горно-обогатительные комбинаты* (ГОКи). Наконец, выделяется *малая металлургия* – производство стали и проката на машиностроительных заводах (ООО МЗ «Камасталь» в составе ПАО специального машиностроения и металлургии «Мотовилихинские заводы», АО «Металлист–ПМ» в составе группы предприятий Пермского моторостроительного комплекса и пр.).

2.2.1. Сырье для производства черных металлов и процессы его подготовки

Основным исходным **сырьем для производства черных металлов** являются железные руды, различающиеся по минеральному составу, содержанию железа, полезных и вредных примесей. Содержание железа в них изменяется в очень широких пределах – от 16 до 60 %. Различают богатые (> 50 % Fe), рядовые (25–50%) и бедные (<25 %) железные руды.

Рыхлые и сернистые (>0,3 S) богатые руды, а также концентраты обогащения бедных руд подвергают процессам агломерации и окатывания. Железная руда, идущая на переплавку в шихту, не должна содержать более 0,1–0,3% серы (S), фосфора (P) и меди (Cи) и 0,05-0,09% мышьяка (As), цинка (Zn), свинца и олова (Sn). Вышеназванные элементы ухудшают либо качество будущего металла, особенно сера, фосфор и медь,

либо условия его плавки. Кроме того, железные руды содержат марганец (Mn), никель (Ni), титан (Ti), ванадий (V), кобальт (Co) и др. Эти примеси (кроме некоторых случаев) улучшают качества металла.

Основные промышленные виды железной руды классифицируются по преобладающему рудному минералу:

а) бурые железняки, или лимониты. Содержание Fe колеблется от 55 до 30% и менее. Обычно требуется обогащение. В бурых железняках находится до 1% Ni, до 2 % Cr, в незначительных количествах – ванадий. Из таких руд выплавляются без добавок хромоникелевые чугуны и низколегированная сталь. Относятся к числу легкоплавких руд;

б) красные железняки, или гематиты. Среднее содержание Fe от 50 до 60%, содержание S и P незначительно. Иногда в этих рудах наблюдается значительное количество марганца (до 18%). Также относятся к легкоплавким рудам;

в) магнитные железняки, или магнетиты. Для них характерен широкий диапазон содержания железа от богатых до бедных руд. Они содержат наряду с вредными примесями (S, P, иногда Zn, As) значительный процент ценных примесей (Co, Nn). Руда имеет черный цвет, тугоплавкая, что требует повышенного расхода топлива при получении чугуна;

г) шпатовые железняки, или сидериты. Среднее содержание Fe (30–35%). Примеси марганца составляют 1–2%, иногда, в зависимости от месторождения, его содержание доходит до 10 %. Руда имеет светло-серый или желтовато-белый цвет, легкоплавкая.

Большая часть железных руд используется для выплавки чугунов и сталей. В небольших количествах они применяются для производства красок (охра) и как утяжелители буровых глинистых растворов.

Основным топливом для доменной плавки является ***каменноугольный кокс***. В процессе доменного производства используются также ***флюсы*** (известняки), которые необходимы для удаления пустых пород. С их помощью выводятся легкоплавкие соединения, образуя шлаки. ***Вспомогательное сырье*** – кислород и природный газ, необходимые для интенсификации плавки; коксовый или доменный газы, используемые в работе котельных и ТЭЦ.

Перед использованием в доменном процессе руды подвергают дроблению, обжигу, обогащению и агломерации (окатыванию). Эти операции необходимы для улучшения качестве будущего металла, удаления части вредных примесей. ***Дробление*** имеет целью придать руде единое физическое состояние. Оно производится на дробилках разных конструкций. ***Сортировка*** полученной руды (от 8 до 300 мм в диаметре) проводится на специальных ситах – грохотах. В ходе ***обжига*** из руды удаляется химически связанная вода, углекислота и частично сера и фосфор. ***Обогаще-***

ние преследует цель – повысить в руде содержание железа за счет удаления пустой породы. В настоящее время обогащают около 80% руд. Используются магнитная сепарация; гравитационный способ (промывка водой для отделения песчано-глинистой пустой породы), а также флотация.

Железные руды после обработки и обогащения не могут быть использованы в доменном производстве, так как фракции минералов очень малы, а руда, поступающая в домну, должна быть кусковой и обладать физической плотностью. Поэтому руду подвергают окускованию с помощью агломерирования или окатывания. Конечный продукт – железные окатыши или офлюсованный агломерат.

Агломерация – это термический процесс окускования мелких фракций руды, отходов доменного производства путем их спекания (слипания нагретых материалов). В процессе агломерации руду обогащают вспомогательными элементами: коксовой мелочью (до 5%) и известняками, получая шихту, которая будет плавиться в печи. Применение флюсов дает возможность сократить до 5% расход кокса в доменном процессе, а также увеличить производительность печи.

Более эффективный способ – ***окатывание*** – термический процесс окускования путем спекания фракций руды с техническим углеродом в присутствии тонко измельченного известняка. Суть его заключается в их тщательном перемешивании и обильном смачивании, чтобы шихта хорошо пропиталась. Смесь сгущается до тестообразного состояния, гранулируется и подвергается обжигу природным газом с целью придания гранулам определённой механической прочности.

2.2.2. Доменное производство

Все предприятия черной металлургии России и мира в той или иной степени завершенности реализуют технологические операции *пирометаллургического цикла черных металлов* (прил. 2.3), включающего *коксохимический подцикл* (см. раздел 1.3 настоящего учебного пособия). Он был разработан профессором Н.Н. Колосовским в 1940-х гг. и усовершенствован его последователями [12, с. 191;18, с. 49]. Базовым стержнем этого ЭПЦ является технологическая цепочка «производство чугуна – выплавка стали – выпуск проката» (рис. 2.4). Остальные производства – смежные и сопутствующие – соответствуют отдельным ветвям и звеньям перерабатывающего цикла черных металлов.

Основой пирометаллургического цикла черных металлов является доменное производство – процесс получения чугуна в доменных печах.

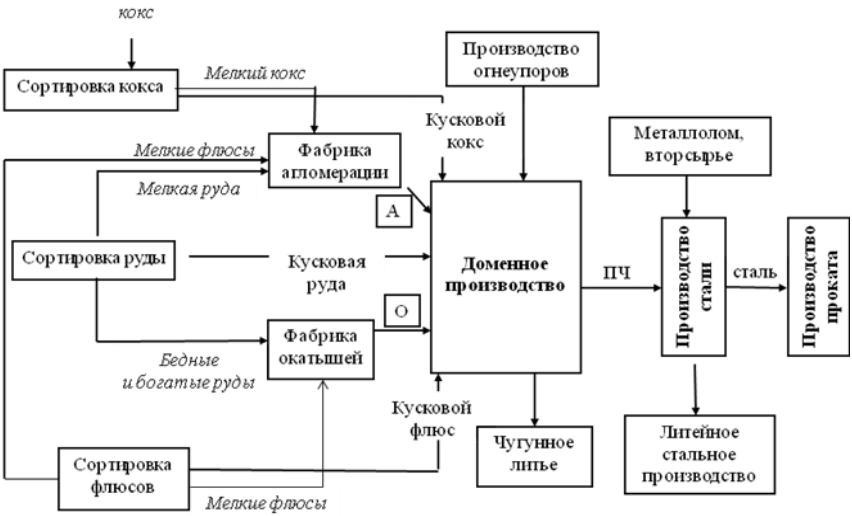


Рис. 2.4. Общая схема производства черных металлов [8]: ПЧ – передельный чугун; А – агломераты; О – окатыши

Чугун – сплав железа с углеродом (более 2%, обычно 3–4%), некоторым количеством марганца, кремния, а иногда и иных элементов [16, с. 597]. Обладает высокими литейными свойствами, а также свойством твердости при застывании, достаточно хрупок при механической обработке.

Сущность процесса доменной плавки состоит в восстановлении железа из окислов, его науглероживании и отшлаковывании пустой породы. Химическая формула процесса доменной плавки выглядит следующим образом:

$$CO_2 + C = 2CO$$

$$Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe_3O_4 + CO \rightarrow FeO + CO \rightarrow Fe + Q>>, \quad (1.5)$$

$$CO_2\uparrow \qquad CO_2\uparrow \qquad CO_2\uparrow$$

где $Q>>$ – большое количество выделяемой теплоты.

Готовая рудная шихта (смесь окускованной железной руды, кокса и флюсов) поступает в специальный бункер, где происходит ее взвешива-

ние и подача через ленточный подъемный транспортер и засыпной механизм в доменную печь. Работа доменной печи начинается с ее задувки. В полностью загруженную печь подается нагретое дутье. Воздух, задуваемый в печь, предварительно насыщается кислородом в установке и подогревается в теплообменнике, а затем воздуходувкой нагнетается в горн доменной печи. Основное назначение воздуходувки – обеспечить необходимую скорость прохождения кислородно-воздушной смеси в печи.

В процессе доменной плавки осуществляется встречное движение нисходящего потока сырых материалов (шихты), загружаемых в печь сверху с помощью скипов, и восходящего потока газов, образующихся в нижней части печи (горне). В результате этого взаимодействия в той части домны, которая называется распар, при температуре 1000º С происходит восстановление железа закисью углерода (СО), который в свою очередь образуется в результате прохождения через кокс углекислого газа (форм. 1.5). Свыше 1000º С – начинается прямое восстановление железа углеродом. Одновременно с этим происходит восстановление других элементов, входящих в состав шихты: марганца, кремния, фосфора, ванадия, хрома и др. Однако часть этих оксидов не восстанавливается и обеспечивает свое присутствие в будущем чугуне. Расплавленная пустая порода (кремнезем, глинозем и др.) вместе с флюсами образует легкоплавкое соединение – ***доменный шлак***[1]. Оксид кальция, являющийся составной частью флюса, способствует удалению серы из чугуна, образуя нерастворимое соединение, также переходящее в шлак.

По назначению и химическому составу чугун делится на *передельный*, идущий для переработки в сталь, *литейный* – для изготовления чугунных изделий методом литья и *специальный* – с высоким содержанием кремния и марганца. Специальный чугун также называется ***доменными ферросплавами***: ферросилиций, ферромарганец, феррованадий. Они используются для раскисления стали или ее легирования.

Доменная печь (домна) представляет собой шахту круглого сечения высотой до 30–40 м (рис. 2.5). Основной объем печи – 3000–4500 м^3. Печь футерована огнеупорной кладкой (из магнезита, хромистого железняка или шамота (глины), материалов, имеющих температуру плавления выше тех, что нужны для доменного процесса). Для предотвращения разгара кладки и защиты корпуса от высоких температур стеновая кладка доменной печи охлаждается водой, пропускаемой через холодильники. В верхней части печи расположены скипы – подающие устройства и колошник – автоматические ворота, через которые загружают шихту. Самая длинная часть домны – шахта, необходимая для постепенного нагрева

[1] Основные шлаки используются в производства цемента и прочих стройматериалов (шлакоблоки), а кислые – для получения шлаковой ваты, хорошего изолятора.

смеси материалов. Далее следует распар, где и производится чугун. Чтобы готовящаяся шихта не падала в горн, необходимы заплечики, имеющие форму сужающегося книзу конуса. Внизу шахты располагается горн, где происходит горение топлива (кокса) и скапливается расплавленные чугун и шлак. В верхней части горна располагается леток для выхода шлаков, а в нижней – для выхода чугуна, так как чугун тяжелее шлаков и находится всегда внизу смеси. Нижняя часть горна называется лещадью. Образующийся ***доменный газ***[1] при выходе из домны подвергается процессу очистки с целью улавливания колошниковой пыли, идущей затем на агломерационную фабрику.

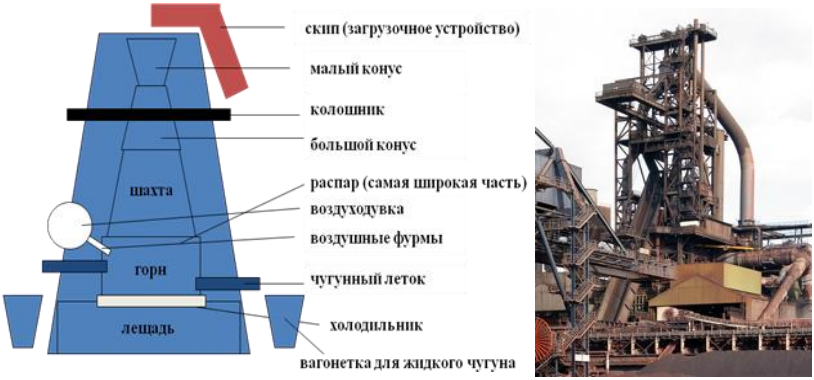


Рис. 2.5. Устройство доменной печи

Производительность наиболее крупных современных доменных печей может достигать 12 тыс. т/сут. Первый чугун выходит через 12–14 часов. Производство чугуна – один из наиболее энергоемких процессов в черной металлургии: здесь расходуется 50–55% всей энергии металлургического предприятия, а с учетом подготовки кокса и руды – до 80% энергии, расходуемой на металлургическом заводе с полным циклом. Также доменный процесс очень сырьезависим. Для производства 1 т чугуна расходуется до 1,5–3 т железной руды, 0,5–0,7 т кокса, 0,25–4 т флюсов, 2500–3000 куб. м воздуха и 200 л воды. *В связи с этим основные районы размещения доменных заводов и КПЦ – крупные металлургические и топливные базы.*

Каждая доменная печь работает в среднем до 10 лет. По истечении этого времени она останавливается на капитальный ремонт. Основным

[1] Состоит из окиси углерода, водорода, метана, азота, углекислого газа. Теплотворная способность 850–1000 ккал / м^3. Одна доменная печь производит до 100 т усл. топлива доменного газа в сутки.

показателем работы печи является *коэффициент использования полезного объема* (КИПО). Он измеряется по формуле

$$КИПО = О / Т, \quad (1.6)$$

где О – полезный объем доменной печи, $м^3$;
Т – суточная выплавка металла, т.

Чем меньше коэффициент, тем выше производительность печи. Дальнейшее уменьшение КИПО возможно через: 1) применение кислородного дутья с увеличением содержания этого газа в горне до 35%; 2) повышение давления подколошниковых газов до 1,5 атм, что уменьшает расход кокса; 3) применение офлюсованного агломерата и металлизированных окатышей; 4) применение природного газа для обогрева печи и пр.

Все большую популярность в мире получает ***бездоменная металлургия*** (электросталеплавильный способ). Тем не менее полностью избавиться от доменного процесса пока невозможно, так как железные руды имеют разное содержание полезного вещества. Чаще всего это руды со средним содержанием.

2.2.3. Технологии выплавки стали

Сталь – сплав железа с углеродом, содержание которого в общем объеме металла не превышает 2%. Важной характеристикой стали является ее ковкость и способность менять механические свойства в результате быстрого охлаждения. На этом свойстве основана быстрая закалка стали.

Сталеплавильное производство – второе звено в общем производственном цикле черной металлургии. Сталеплавильное производство включает в себя два основных технологических процесса – выплавку и разливку стали.

В современной металлургии важнейшими способами выплавки стали являются кислородно-конверторный и электросталеплавильный процессы. Мартеновский способ, разработанный французским инженером Пьером Мартеном (1824–1915) в 1864 г. на основе принципа регенерации газов, предложенного немецким инженером Ф. Сименсом, получил популярность во второй половине XIX в. Однако в настоящее время он считается наименее рентабельным и малопроизводительным. В России мартеновские печи сохранились лишь на отдельных малых предприятиях. Их демонтаж продолжается (рис. 2.6).

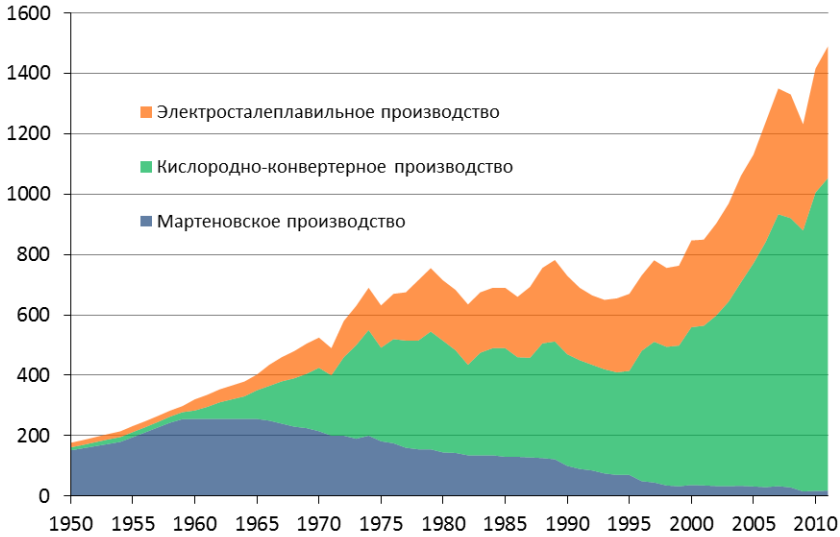


Рис. 2.6. Динамика изменения соотношения удельного веса способов выплавки стали в мировой черной металлургии в 1950–2010 гг., млн т[1]

Исходным сырьем в производстве стали является литейный чугун и металлический лом (прил. 2.4). Для всех способов выплавки стали характерно уменьшение процентного содержания углерода до 2 % и ниже, в зависимости от того, какую марку стали требуется выплавлять; удаление вредных примесей, ухудшающих качество стали (фосфор, сера); легирование стали путем введения в расплавленную сталь необходимых компонентов.

Кислородно-конверторный способ впервые применен в СССР в 1933 г. инженером Н.И. Мозговым на машиностроительном заводе «Большевик» в Киеве, а распространение получил только после 1950 г. Он заключается в продуве через жидкий чугун воздуха (кислорода) в печи-конверторе. Конвертор представляет собой грушевидный сосуд емкостью от 20 до 350 т из стали (рис. 2.7), который изнутри футерован огнеупорным материалом. В верхней части имеется отверстие, через которое заливается жидкий чугун и сливается готовая сталь. В днище имеются фурмы (отверстия), через которые подается воздух под давлением. Кон-

[1] *Неделин С.В.* Тенденции развития современной металлургии и новые процессы получения железа // Методический и просветительский портал Metalspace.ru. URL: http://www.metalspace.ru/production-science/technology/iron-furnace/28-tendentsii-razvitiya-sovremennoj-metallurgii-i-novye-protsessy-polucheniya-zheleza.html (дата обращения: 21.08.2016).

вертор крепится на горизонтальной оси и имеет возможность поворачиваться из вертикального положения в горизонтальное для заливки чугуна и выливки стали.

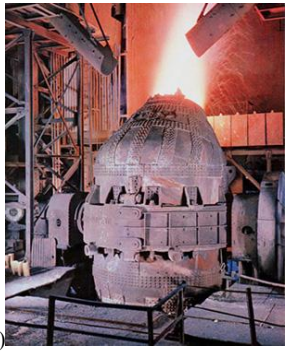
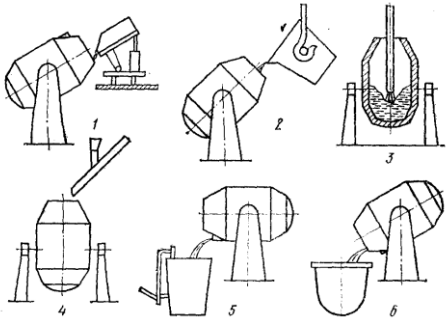
А)  Б) 

Рис. 2.7. Конверторная печь (А) и процесс производства металла конверторным способом (Б)

Сталь выплавляется в несколько этапов в зависимости от способности к окислению компонентов чугуна (вступление в реакцию с кислородом). На первом этапе в присутствии высокой температуры в заливаемом чугуне происходит интенсивное окисление железа, кремния и марганца и переход их в шлак. Углерод в этот период окисляется медленно. В процессе химической реакции окисления выделяются некоторые газы, преимущественно CO. Химические реакции окисления – экзотермические реакции с выделением большого количества тепла. Температура металла повышается.

На втором этапе при повышении температуры происходит активное окисление углерода с выделением горючего газа окиси углерода. Растворяется часть футеровки, и шлак обогащается окислами кальция. Доля углерода снижается до десятых долей процента. Расплавленная сталь содержит в себе кислород. При ее затвердевании он способствует образованию раковин (пустот металла), чем снижает качество стали. Для раскисления стали в него вводятся раскислители.

Кислородно-конверторный способ является более производительным: выход металла из 250-тонного конвертора составляет 400 тыс. т в год [9, с. 65]. Кроме того, он позволяет снизить себестоимость металла. Однако сталь, полученная с помощью продувки кислорода, насыщена азотом, фосфором и неметаллическими включениями. Это снижает ее физико-химические свойства. Детали машин, изготовленные из такой стали, становятся хрупкими при понижении температуры. К отрицатель-

ным моментам этого способа относятся также ограничения по использованию металлолома. Тем не менее, если в процессе производства соблюдать все технологические особенности, то металл получается более высокого качества, чем при мартеновском способе.

Электросталеплавильное производство было изобретено еще в начале XIX в., но первая электродуговая печь была построена только в 1899 г. французским технологом и химиком Полем-Луи-Туссеном Эру (1863–1914). В электропечах можно вести плавку при более высоких температурах, отсутствует окислительное пламя, без которого не могут работать другие печи. Электроплавка дает возможность получать сталь наиболее высокого качества с минимальным содержанием углерода и с различным количеством легирующих элементов. Известно, что самые качественные стали получают только в вакууме в электрических печах. Доля этого способа в общем объеме выплавки стали в нашей стране увеличивается (рис. 2.8). Он является основным на следующих предприятиях: АО «Оскольский ЭМК» (Белгородская обл.), ООО «Златоустовский ЭМЗ» (Челябинская обл.), АО «Металлургический завод "Электросталь"» (Московская обл.), ООО «Абинский ЭМЗ» (Краснодарский край), а также на ОАО «Челябинский ЭМК», производящем более 80% ферросплавов России.

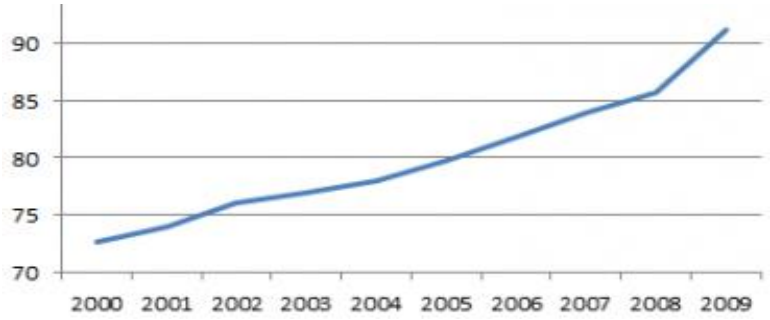


Рис. 2.8. Динамика удельного веса производства электростали и кислородно-конверторной стали в общем объеме выплавки стали в России в 2000–2009 гг.[1], %

Принципиально электрометаллургические печи подразделяются на 2 типа: 1) электродуговые и 2) индукционные. В *дуговых электропечах*

[1]Промышленность России в 2000-х гг. URL: http://newsruss.ru/doc/index.php?title=Промышленность_России_в_2000-х_годах (дата обращения: 03.08.2016).

тепловой эффект, заставляющий плавиться металл, достигается за счет электрической дуги, возникающей между графитными электродами, к которым подводится электрическое напряжение и между которыми размещается электропроводящий стальной лом (рис. 2.9). Тепло в печи выделяется, с одной стороны, за счет горения дуги, а с другой, – за счет нагрева лома током, проходящим через этот лом. Емкость печей – от 0,5 до 400 т. Температура в печи поднимается до 3500°С. Продолжительность плавки – 2–3 ч.

В *индукционных электропечах* тепловой эффект достигается за счет создания индукционными катушками сильных высокочастотных магнитных полей. По индукционным катушкам, внутри которых размещается печь с ломом, пропускают большой ток высокой частоты, создающий высокочастотное магнитное поле, которое, воздействуя на лом в печи, наводит в них ток. Тем самым разогревает его до высоких температур[1].

Рис. 2.9. Изображение и схема электродуговой печи

Шихта для плавки состоит из лома углеродистой или легированной стали. При загрузке в печь лом укладывают как можно плотнее для устойчивого горения дуги. Вниз кладут мелкие куски лома, ближе к центру под электроды (в дуговых печах) – наиболее крупные и т.д. Для науглероживания металла в шихту вводят чугун, кокс и электродный бой. К уже расплавленному металлу добавляют агломерат или металлизированные окатыши, содержание железа в которых доходит до 95%[2]. Используют 10

[1] Соединение в одном цехе дуговых и индукционных печей называется ***дуплекс-процессом.***

[2] В качестве восстановителей используются газы – CO_2, H_2, CH_4, С (твердый). Железная руда обогащается, дробится в шаровых мельницах до 3-6 мм и направляется в обжиговую печь. Температура – 800° С. Здесь выгорают примеси, пустая порода не выгорает в восстановительной наклонной печи. Восстановление идет по принципу противотока, далее следует охлаждение, вновь дробление, руда направляется в магнитный сепаратор для отщепления

кг окатышей на 1 т металла. За счет связанного кислорода, содержащегося в руде, происходит окисление углерода, кремния, фосфора, марганца и пр. примесей. Основным флюсом является свежеобожженная известь или кварцевый песок. Образующийся шлак выливается с помощью наклона печи.

Для получения 1 т электростали требуется от 600 до 1000 кВт*ч электроэнергии. Этот факт обуславливает приближение данных производств к местам производства дешевой электрической энергии.

Легирование[1]. Добавку легирующих недостающих элементов (никеля, молибдена и др.), не окисляющихся в процессе плавки, производят в начале технологического процесса плавления. Легко окисляющиеся элементы (хром, титан, кремний, алюминий) вводят после ее раскисления.

2.2.4. Разлив стали и прокатное производство

Разлив стали. Готовую сталь из печи сливают в разливочный ковш, который перемещают в цехе с помощью козлового крана, или в миксер, где сталь подвергается вакуумированию, а далее разливают по изложницам – чугунным и стальным формам конической формы (для получения слитков). Более совершенным способом считается *непрерывная разливка*, для которой используют специальные машины (для получения заготовок). Каждая из установок содержит несколько кристаллизаторов, куда заливается из ковша сталь и охлаждается с помощью воды. Когда слиток (прямоугольного или квадратного сечения) достигает определенной температуры, включается механизм вытягивания металла из кристаллизатора. В это же время в него снова заливается сталь и процесс повторяется. Полученный слиток поступает в зону вторичного охлаждения, а затем с помощью газовой горелки режется на части определенной длины, которые поступают на конвейер. Преимущество этого способа: в скорости, отсутствии усадки, наличии заданного сечения, снижении объема отходов, что уменьшает себестоимость будущей прокатной продукции.

Прокатное производство. Технологический процесс прокатки заключается в нагреве слитков в специальных нагревательных колодцах, прокатке их в блюмы квадратного и слябы прямоугольного сечения в мощных станах. Пластическая деформация и уплотнение – физико-

---

пустой породы. Далее – в пресс, где получаются брикеты железа. Это основной компонент шихты в электропечах, которые разогреваются до 500–600° С.

[1] Легирование (от *лат.* ligierere – сплавлять) – процесс введения в состав металлических сплавов т.н. легирующих элементов (Cr, Ni, Mo, W, V, Mn, Ti и др.), придающих металлу некоторые нужные физико-химические свойства.

химический процесс, в результате которого наряду с изменением формы исходного металла изменяются его механические и физико-химические свойства.

Сущность прокатки заключается в пластическом деформировании при пропускании его между вращающимися валами. При этом зазор между валами должен быть меньше толщины обрабатываемой заготовки. Но эта разница не должна быть больше допустимого для одного «прохода» между валами во избежание нарушения механических свойств металла.

Основные технологические операции осуществляются на прокатных станах (рис. 2.10). Уникальными и самыми большими в РФ являются прокатные станы-5000 на ОАО «Магнитогорский металлургический завод», ПАО «Ижорский завод» (Санкт-Петербург) и АО «Выксунский металлургический завод» (Нижегородская обл.). Их продукция используется для производства труб для нефте- и газопроводов, в судостроении.

Рис. 2.10. Различные прокатные станы (вверху показаны станы – блюминги и слябинги, внизу – специализированные станы)

Стальной прокат на современных металлургических предприятиях производится двумя способами. При первом исходным материалом служат слитки, которые перерабатываются в готовый прокат обычно в две стадии. Сначала слитки нагревают и прокатывают на обжимных станах в заготовку (получаются т.н. *блюмы* и *слябы* – стальные заготовки разных

параметров). После их осмотра и удаления поверхностных дефектов (закатов, трещин) производят повторный нагрев и прокатку готовой продукции на специализированных станах (рельсобалочных, крупносортных, среднесортных, проволочных, листовых и пр.).

В результате получают различные виды сорто-, трубо- и листопроката. Сортопрокат делится на две группы: геометрической формы (круглый, квадратный и пр.) и фасонной (полукруглый, ромбовидный и пр.) (рис. 2.11). Листовой прокат по стандарту выпускается двух видов: тонкостенный (0,2–0,4 мм) и толстостенный (более 4 мм). Специальные виды проката – колеса, шары, зубчатые колеса, рессоры и пр.

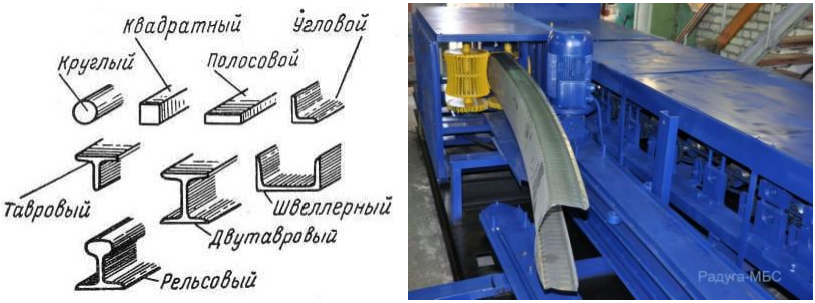


Рис. 2.11. Профили сортопроката геометрической и фасонной групп

При втором способе проката исходная заготовка заменяется непрерывным литьем (разливкой) на специальных машинах. Благодаря применению такой заготовки исчезает необходимость в слябингах и блюмингах, повышается качество продукции, устраняются потери на обрезку верхней части слитка стали из изложниц.

2.2.5. Порошковая металлургия

Метод порошковой металлургии – способ производства металлических порошков и спечённых изделий из них, а также композиций из металлов и неметаллов. Позволяет получать такие материалы и изделия, которые невозможно получить путём плавки, либо металлы и изделия из них с обычными свойствами, но более выгодным путём, в т.ч:

– тугоплавкие металлы (металлы с температурой плавления больше, чем у железа – V, Nb, W, Re, Mo, Co);

– карбидные твердые сплавы (например, сплавы марки ВК – карбид вольфрама с кобальтом; ТК – карбиды вольфрама и титана с кобальтом);

– композиции из металлов и неметаллов;

– магнитодиэлектрики (железомагнитные порошки, спрессованные со смолой, лаком или другим диэлектриком);

– металлы, упрочнённые дисперсными твёрдыми включениями;

– керметы (спекание керамических материалов и металлов) и др.

Исходное сырье – металлические порошки – получают различными способами, от которых зависят физико-химические свойства будущих изделий (измельчение в мельницах, распыление расплавов в инертных газах или сжатым воздухом, электролитический и пр.). Полученные порошки разного гранометрического состава и химических свойств смешивают. Далее смеси формуют путем холодного прессования под большим давлением в металлических формах. Сформированные брикеты выталкиваются из пресса и подвергаются процессу спекания (рис. 2.12).

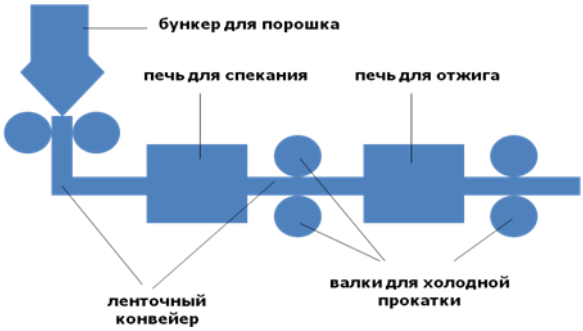


Рис. 2.12. Технологическая схема получения изделий методом порошковой металлургии

Последний процесс производится при температуре ниже температуры плавления металла. С повышением температуры и увеличением продолжительности спекания увеличиваются усадка, плотность и улучшаются контакты между зернами. Во избежание окисления спекание проводят в восстановительной атмосфере (водород, оксид углерода), атмосфере нейтральных газов (азот, аргон) или в вакууме. Прессовка превращается в монолитное изделие, технологическая связка выгорает.

2.3. Технологии выплавки основных цветных металлов

Цветные металлы в современном мире – один из важнейших видов конструкционных материалов. Популярность связана с их многообразием, ценными физико-химическими свойствами, широким использованием во всех сферах жизни человека. Прежде всего, цветные металлы находят

применение в точном и наукоёмком машиностроении, обеспечивающем научно-технический прогресс.

Выделяют следующие группы цветных металлов:

а) тяжёлые (в их составе основные (медь, олово, свинец, цинк) и малые (ртуть, сурьма, мышьяк, висмут и др.));

б) лёгкие (алюминий, магний, титан и др.);

в) рассеянные (галлий, германий, селен, бериллий, индий и пр.);

г) легирующие (вольфрам, ванадий, молибден, никель, кобальт и пр.);

д) тугоплавкие (ниобий, тантал, рений);

е) редкоземельные (лантан, скандий, иттрий и лантаноиды);

ж) благородные (золото, серебро, платина и платиноиды – осмий, иридий и палладий).

Отдельные цветные металлы обладают высокой электропроводностью, что обеспечивает их использование в производстве электротехники, другие отличаются высокой стойкостью к химическим реактивам, а следовательно, их можно использовать для производства оборудования в химической промышленности как катализаторы; третьи – легкостью, которую используют для производства авиатехники. Еще одно важное свойство этих металлов – умение образовывать сплавы, имеющие иные качества, чем исходные. Наиболее широко используются сплавы меди – *бронза* (с оловом и кремнием), *латунь* (с цинком), *мельхиор* (с никелем), а также алюминия – *дюралюминий* (с медью, марганцем и магнием).

Важной составляющей цветной металлургии является производственное комбинирование, основанное на возможности утилизации отходов при выплавке металлов. Особый интерес представляет комбинирование цветной металлургии и основной химии, которое появляется, в частности, при утилизации сернистых газов в процессе производства цинка и меди. В этих случаях производят серную кислоту и фосфатные минеральные удобрения. Еще более сложные территориальные сочетания разных производств возникают при комплексной переработке нефелинов, когда из одного и того же сырья извлекают в качестве готовой продукции глинозем для производства алюминия, соду, поташ, цемент и пр. На этой основе в отдельных районах страны (Кольский полуостров, Урал, Сибирь и др.) формируются целые промышленные комплексы.

Руды цветных металлов отличаются крайне низким содержанием полезных компонентов. Типичные руды, используемые для производства меди, свинца, цинка, никеля, олова, имеют всего несколько процентов, а иногда и доли процента основного металла. Вследствие значительной материалоемкости часть предприятий цветной металлургии ориентируется на *сырьевые базы.* При этом обогащение непосредственно «привязано» к местам добычи руд цветных и редких металлов. Высшие стадии

многих производств ориентированы уже на потребителей, а также на дешевые источники электроэнергии (из-за высокой электроёмкости в ходе рафинирования). Помимо сырья в размещении цветной металлургии заметную роль играет топливно-энергетический фактор.

Россия обладает значительными запасами всех основных групп металлов и входит в десятку ведущих стран по добыче руд и их переработке. Особенное значение имеет выплавка алюминия, меди и никеля. Важными отраслями российской цветной металлургии являются добыча магниевого сырья, свинцово-цинковых руд и руд благородных металлов, в т.ч. золота и платины. Так, если по запасам бокситов Россия занимала в 2012 г. лишь 8-е место в мире, то по производству глинозема – уже 6-е, а по выплавке алюминия – 2-е (примерно 8% мирового производства, 3,7 млн т); по добыче медных руд – 6-е, а по производству рафинированной меди – 5-е (4,5% мирового показателя, 0,9 млн т); по добыче никеля – 3-е, а по выплавке этого металла – 2-е (12,5% мирового производства, 243 тыс. т) [36, с. 48–50].

Крупнейшие запасы медных руд в нашей стране сосредоточены в пределах Уральской металлогенной зоны, Кольского полуострова, Норильской группы месторождений, а также в прибрежных районах Дальнего Востока, включая Камчатку. Лидерами по добыче в 2012 г. были Красноярский край (месторождения Талнахское, Октябрьское, Норильск-1), Забайкальский край (Удоканское, Быстринское), Оренбургская область (Гайское), Республика Башкортостан (Подольское, Юбилейное месторождения).

Крупнейшие запасы бокситов и основная их добыча сосредоточены также в пределах Уральской зоны металлогенезиса (Североуральский бокситоносный район на севере Свердловской области, Черемуховское, Красная Шапочка, Кальинское месторождения), Республики Коми (Вежаю-Ворыквинское месторождение Тиманского бассейна), Архангельской области (Иксинское месторождение Северо-Онежского бассейна). Нефелиновое сырье для алюминиевой промышленности добывается в Мурманской области (Хибиновская группа месторождений), Кемеровской области (Кия-Шалтырская группа). Не эксплуатируются, но обладают большими запасами Горячегорское (Красноярский край), Баянкольское месторождения (Республика Тыва). По производству алюминия в России в 2012 г. выделялись Иркутская область (боле 28%), Красноярский край (25%) и Республика Хакасия (20% российского объема выплавки).

Все запасы оловянных руд России находятся в пределах Дальневосточной зоны металлогенезиса, но по запасам особенно выделяются Республика Саха (Якутия) (месторождения Депутатское, Одинокое, россыпь ручья Тирехтях), Приморский (Тигриное, Верхнее, Южное) и Хабаров-

ский (Правоурминское, Фестивальное, Перевальное) края, а также Чукотский округ (Пыркакайский рудный узел). Однако в 2012 г. сырье добывалось лишь на Правоурминском и Южном месторождениях (всего 384 тыс. т в год), а выплавка металлического олова – на ОАО «Новосибирский оловянный комбинат» (лишь 0,9 тыс. т в год, что соответствует тысячным долям мирового показателя) [23]. Причинами сложившейся ситуации являются низкое содержание олова в рудах и тяжелейшие природно-климатические условия добычи.

Титановое сырье более широко распространено в пределах России. Наиболее выделяются Республика Коми (Ярегское месторождение), Забайкальский край (Чинейское), Мурманская область (Юго-Восточная Гремяха), Челябинская область (Медведевское) и Амурская область (Большой Сэйим). В то же время губчатый титан (полуфабрикат) производится в Пермском крае (филиал ПАО «Корпорация "ВСМПО-Ависма"» в г. Березники и ОАО «Соликамский магниевый завод») на основе привозного сырья, а производство металлического титана и его сплавов налажено на головном предприятии ПАО «Корпорация "ВСМПО-Ависма"» в г. Верхняя Салда Свердловской области. Россия в начале 2010-х гг. являлась мировым лидером по производству титановой продукции и крупнейшим её экспортёром.

Основные запасы магниевого сырья – карналлитовые руды – размещены в пределах Верхнекамского бассейна солей (Пермский край). Здесь же на предприятиях Березниковско-Соликамского промышленного узла производится выплавка металлического магния и его сплавов.

Крупнейшие объемы серебросодержащих руд находятся в Охото-Чукотской металлогенной провинции, Забайкальском и Красноярском краях, Республике Бурятия и на Урале. В 2012 г. на территории России разрабатывалось 115 месторождений, крупнейшими из которых являлись Дукатское (четверть добычи в стране, Магаданская область), Хаканжинское (Хабаровский край) и месторождение Купол (Чукотский АО).

В России расположены почти 6 тыс. месторождений золота, география которых включает более трети всех субъектов Федерации. Однако распространение крупнейших запасов золота совпадает с географией серебросодержащих руд. Лидерами по добыче золота в 2012 г. являлись месторождения Олимпиадинское, Благодатное в Красноярском крае, Купол в Чукотском АО, Гайское в Оренбургской области, Албазинское в Республике Хакасия, Светлинское в Челябинской и Маломырское в Амурской областях. Переработка руд золота в стране осуществляется на 6 аффинажных заводах в Магаданской области, Красноярске (более 45% аффинажа), Касимове, Москве, Новосибирске и Екатеринбурге, а также на медеэлектролитных заводах в Кыштыме и Верхней Пышме.

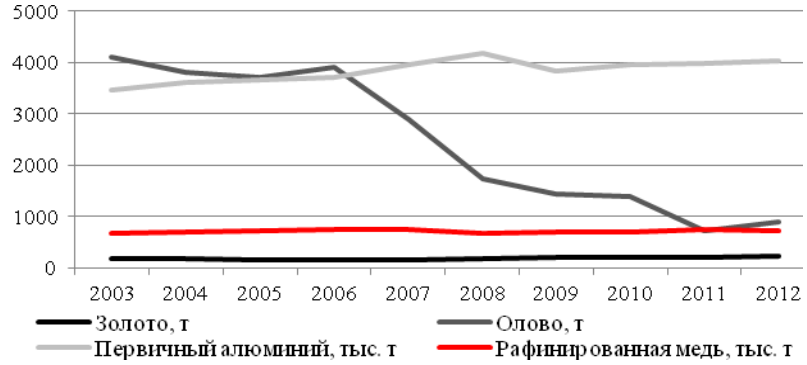


Рис. 2.13. Динамика выплавки цветных металлов России в 2003–2012 гг. [23]

На рис. 2.13 представлена динамика производства некоторых цветных металлов в стране в 2003–2012 гг. Анализ графиков показывает, что в середине 1990 – начале 2000-х гг. динамика выплавки многих цветных металлов снижалась, а во второй половине 2000-х гг. тенденция сменилась на противоположную (кроме выплавки олова).

В связи с многообразием цветных металлов технологические процессы их выплавки отличаются. Производство меди, никеля, цинка, свинца и ряда других имеет много общего, а поэтому объединяется в рамках *пирометаллургического энергопроизводственного цикла цветных металлов* (прил. 2.5), также предложенного Н.Н. Колосовским. Он включает процессы добычи, обогащения руд, производство чернового и рафинированного металла, а также утилизацию серосодержащих и иных отходов. В составе *редкометаллнохимического ЭПЦ* – добыча и переработка алмазов, редкоземельных и рассеянных элементов, а также их переработка с помощью химических и металлургических методов [18, с. 49]. Производство алюминия требует много дешевой электроэнергии, а выплавка титана и магния – тепла, что позволяет объединить их в *электропромышленный ЭПЦ,* имеющий *гидрометаллургический, электротермический и электрохимический подциклы*.

2.3.1. Медная промышленность

Основное сырье для медной промышленности представлено медными рудами, которые можно подразделить на две группы в зависимости от характера входящих в них соединений:

– сульфиды (халькопирит, или медный колчедан ($CuFeS_2$), халькозин (Cu_2S), борнит (Cu_5FeS_4) и др.);

– окислы меди (куприт (Cu_2O), малахит ($CuCO_3*Cu(OH)_2$), тенорит (CuO), азурит, хризоколла и др.).

Содержание основного металла в рудах менее 3%. Остальное в медном сырье составляют сера (9–46%), кремнезём (до 55%) и глинозём (до 12%). Эта особенность определяет перспективы добычи и переработки черновой меди – ориентацию на сырьевые базы и необходимость повышения доли меди в металле за счет снижения содержания серы и других вредных примесей. Для получения 1 т меди требуется примерно 20–150 т медных руд [9, с. 72].

В мире представлено 9 геолого-промышленных типов месторождений медных руд. Для каждого из типов характерны свое содержание меди и технологические особенности их разработки. В России главное значение имеют четыре: медно-никелевые (север Красноярского края), медистые песчаники (Удоканское месторождение), медно-колчеданный (Восточный Урал) и медно-порфировый.

Общая схема выплавки рафинированной меди представлена на рис. 2.14. **Переработка сырья** заключается в измельчении его до порошкообразного состояния и смешении с водой. Образованная смесь называется пульпой. В нее добавляют специальные вещества – коллекторы, которые смачивают частички металла и не смачивают частички пустой породы. **Обогащение сырья**[1] осуществляется методом флотации. В пульпу вводят пенообразователи и флотореагенты, а позже подают воздух. С помощью воздушных пузырьков смоченные частички руды поднимаются на поверхность пенного раствора и удерживаются, а несмокаемые частички пустой породы находятся во взвешенном состоянии или оседают на дно, а затем удаляются. Получаемый в ходе флотации медный концентрат содержит уже до 30–35% меди.

Для дальнейшего избавления концентрата от серы его подвергают **окислительному обжигу**. В процессе нагрева и конверсии концентрата в конверторе (обжиговых печах) при температуре 750–800º С и в присутствии кислорода происходит окисление серы. Отходящие из печи газы, богатые серой, улавливают с помощью экофильтра и направляют на производство серной кислоты.

Конверсия меди осуществляется в два этапа: получение штейна и конвертирование штейна для получения черновой меди. Исходным сырьем при этом являются обожженный огарок (медный концентрат с массовой долей меди до 40%, полученный в ходе окислительного обжига), а вспомогательным – кварц. Плавка осуществляется при температуре 1450º С в специальных печах (шахтная, отражательная, печь Ванюкова) (рис.

[1] Кроме флотационного, существуют и иные способы обогащения медной руды. Например, химический, осуществляемый с помощью серной кислоты.

2.15), а также с помощью электроплавки. В результате плавления образуется:

– штейн (Cu_2S_4*FeS) – расплав, содержащий 20–50% меди, до 40% железа, до 25% серы;

– шлак – расплав компонентов породы.

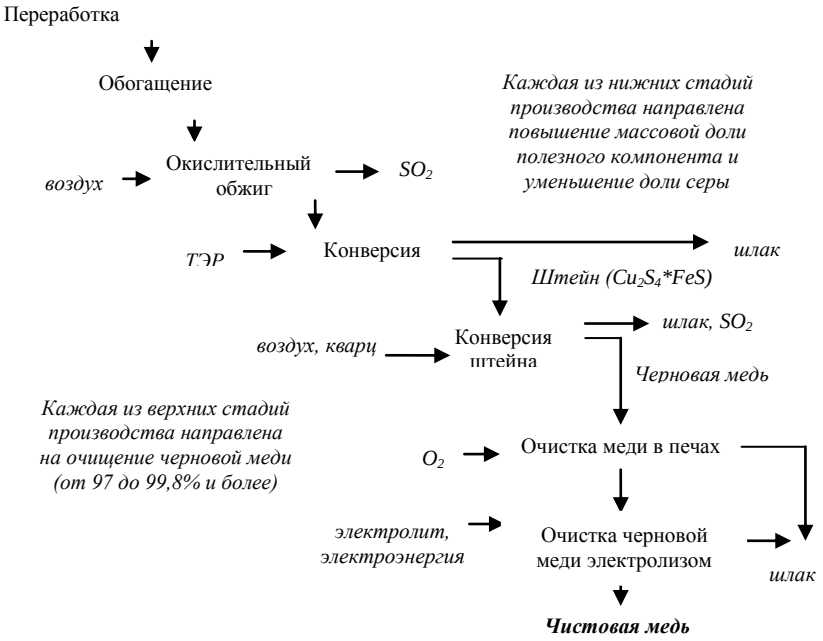


Рис. 2.14. Общая схема пирометаллургического способа получения рафинированной меди [8]

После этого штейн заливают в конверторную печь и продувают воздухом. В печи подается кварц для образования шихты под расплавом штейна. Процесс конверсии разделяется на два периода: 1) в первом окисляются сульфиды железа и меди:

$$2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2\uparrow;$$
$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2\uparrow.$$

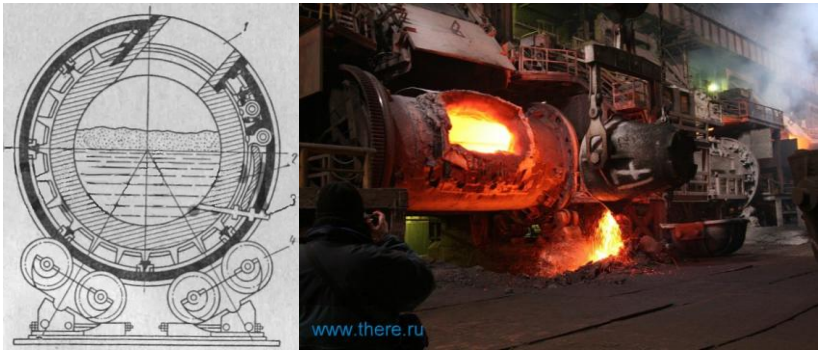


Рис. 2.15. Печь для конверсии штейна: *1 – горловина для залива штейна и флюсов; 2 – футеровка; 3 – воздушные фурмы; 4 – валки для слива черновой меди*

2) образовавшаяся закись меди взаимодействует с сульфидом меди. В результате выделяется *черновая медь* с содержанием до 98–99% меди, 0,04% железа и небольшого количества других компонентов:

$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2\uparrow.$$

Большинство примесей в черновой меди понижают все ее лучшие качества как металла: пластичность, электропроводность, ковкость и т.д. Поэтому полученный металл рафинируют. **Рафинирование (очистка) черновой меди** осуществляется в два этапа. На первом из них удаляются все дополнительные элементы, кроме благородных металлов и меди, а на втором с помощью электролиза происходит извлечение и благородных металлов.

1. Плавка в пламенных печах. Примеси окисляются кислородом и переводятся в шлак и газы. Вновь образовавшаяся закись меди переводит в шлак примеси железа, цинка, сурьмы, никеля, серы и др. После этого она удаляется с помощью древесного угля. Образованный метан, взаимодействуя с Cu_2O, восстанавливает медь. При этом содержание меди возрастает до 99,5%:

$$4Cu_2O + CH_4 = 8Cu + CO_2\uparrow + 2H_2O.$$

2. Рафинирование меди в электролитических ваннах позволяет получать медь более высокого качества (99,95%). Электролитом служит раствор медного купороса $CuSO_4$ и серная кислота, анодом – пластины черновой меди, а катодом – тонкие пластины из чистой меди. В ходе пропускания тока через раствор электролита чистая медь оседает на ка-

тоде, а анод постепенно растворяется. При этом примеси (благородные металлы в основном) осаждаются на дне электролитической ванны в виде шлама, который удаляется через отверстие. Стоимость примесей окупает расход электроэнергии. На 1 т металла тратится примерно 250–300 кВт*ч.

2.3.2. Производство глинозёма и выплавка алюминия

Основным сырьем для производства алюминия являются три группы минералов:

– алюминиевые руды (бокситы) (рис. 2.16,а), имеющие сложный состав: глинозём (окись алюминия – до 70%), окись железа, кремнезём, двуокись титана, окись кальция, окись магния, окись марганца, пятиокись фосфора и др. Содержание глинозема в промышленных бокситах колеблется от 28 до 60% и выше. Алюминий в них содержится в виде гидроокисей $Al(OH)_3$, $AlO(OH)$, каолинита ($Al_2O*2SiO_2*2H_2O$) и корунда (Al_2O_3). В основном для производства используют те, где содержание глинозёма превышает 40%;

– нефелины ($(K,Na)AlSiO_4$) (рис. 2.16,б), содержащие окиси алюминия (до 30%), натрия, калия и кремнезём. Их получают также в результате обогащения апатитов;

– алуниты, представляющие собой соединение основных сульфатов алюминия и калия.

Наиболее вредной примесью считается кремнезём. Его присутствие не дает возможности прямого восстановления алюминия из его окислов. Поэтому из бокситов первоначально выделяют глинозем (в местах добычи сырья), а потом из него восстанавливают металлический алюминий (в местах расположения крупнейших ЭС). Таким образом, в производстве алюминия выделяют две основные стадии:

– химико-технологическую (получение чистого оксида алюминия из природного сырья), ориентирующуюся на сырьевые базы;

– электрометаллургическую (электрическое восстановление алюминия из глинозема в расплаве криолита Na_3AlF_6), ориентирующуюся на источники дешёвой электроэнергии.

Мокрый щелочной способ (способ Байера) получения глинозема подходит для бокситов с незначительным содержанием кремнезёма (рис. 2.17). Технологические операции начинаются с выщелачивания измельченных бокситов путем конверсии в конверторах (автоклавах), где окислы алюминия смешивают с водным раствором щелочи (каустической соды). Через нижнюю часть автоклава пропускают сильную струю пара под высоким давлением в 1–35 атм и t= 105–240°С. Пар, проходя через пульпу, перемешивает ее и подогревает. Процесс продолжается в течение

4 ч. В результате соединения соды с глинозёмом образуется раствор алюмината натрия ($Na_2O*Al_2O_3$). Другие компоненты боксита (окислы кремния, железа и титана) образуют осадок – красный шлам. Содержащийся в боксите кремнезем также взаимодействует со щелочью и переходит в раствор в виде силиката натрия. В растворе алюминат и силикат натрия образуют нерастворимый алюмосиликат натрия, который выпадает в осадок и удаляется[1]. В осадок выпадают также окиси железа и титана. Таким образом, с помощью щелочи алюминий переводится в растворимое состояние и отделяется от большей части примесей.

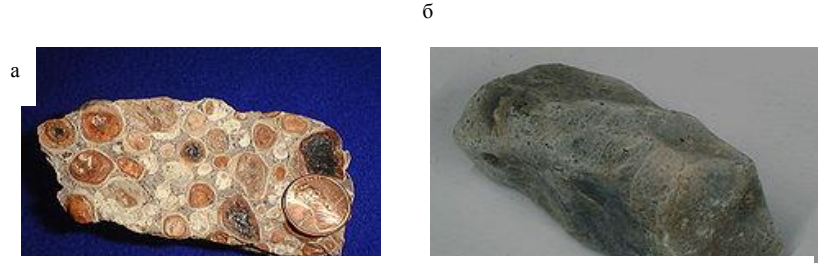


Рис. 2.16. Алюмосодержащие породы: а – бокситы; б – нефелины

Алюминат натрия фильтруется и загружается в специальные чаны (декомпозёры), в которые подается вода. Здесь раствор подвергается разложению с выделением гидроокиси алюминия $Al(OH)_3$:

$$NaAlO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3 + NaOH.$$

Полученное основание алюминия отличается от природного аналога своей неустойчивостью и при дальнейшем прокалывании (обезвоживании) в трубчатых печах получают глинозем. Обезвоживание (кальцинация) кристаллической гидроокиси заключается в удалении гидратной соли, которая входит в состав молекул при температуре в 950–1250º С:

[1] Любое количество кремнезема в руде связывает соду и алюминат натрия, что снижает КПД данного способа и увеличивает стоимость продукции. Поэтому для бокситов и нефелинов с большим содержанием кремнезема применяется сухой щелочной способ, изобретенный в 1916 г. русским ученым А.А. Яковкиным. В ходе его осуществления измельченный боксит смешивают с каустической содой и известняками. Образовавшаяся смесь подвергается прокаливанию во вращающихся печах. Кремнезем вступает в реакцию с известняком и удаляется в виде шлама. Окислы же металлов (алюминия и железа) вступают в реакцию с содой и образуют алюминат натрия и другие соединения. Путем ряда операций из алюмината натрия выделяется глинозём.

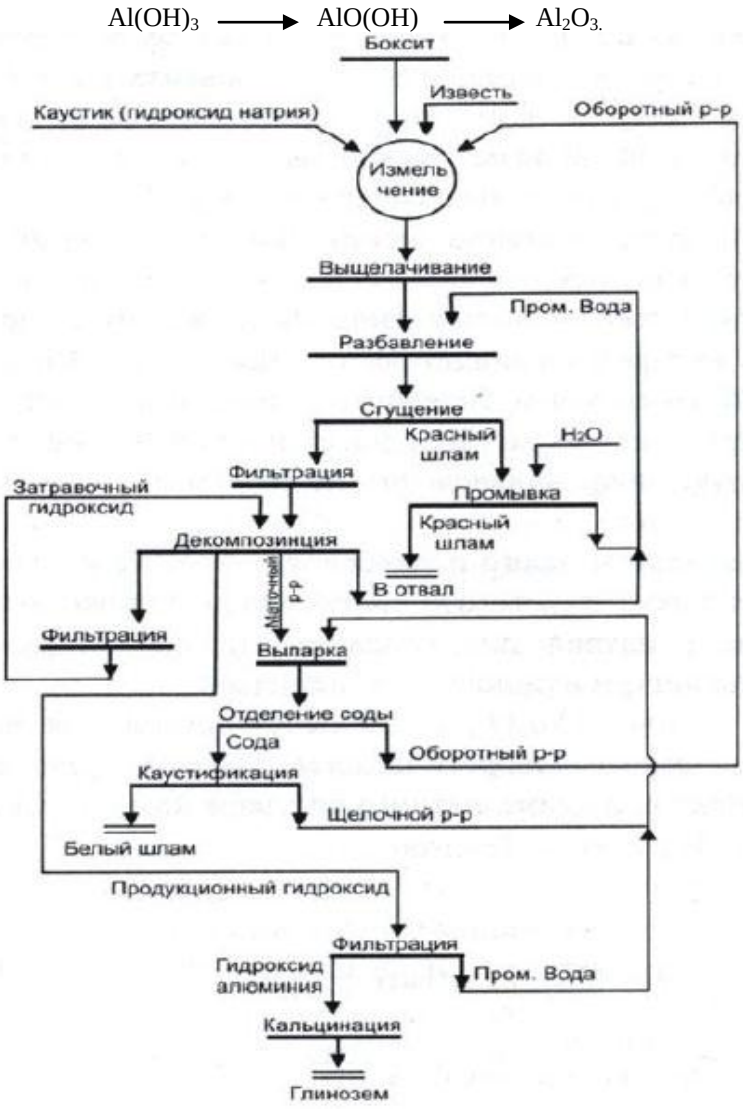


Рис. 2.17. Примерная схема получения глинозема мокрым щелочным способом

Полученный глинозем хорошего качества должен содержать примесей не более 4–7 %. Большая часть глинозема идет на производство алюминия, но твердый глинозем – корунд и его разновидности (рубин, сап-

фир и т.д.) используются в качестве поделочных камней и для производства абразивных материалов. Полученный глинозем охлаждается и направляется на электролиз. Раствор щёлочи и промывные воды поступают на выпаривание для повышения концентрации щелочи, а потом используются повторно.

Процесс получения металлического алюминия происходит в электролизёрах при температуре около 1000º С. Последний представляет собой железный кожух, футерованный огнеупорами и выложенный угольными плитами, которые являются катодом. В плиты вмонтированы стальные штыри для отвода электрического тока (рис. 2.18, 2.19). Электролитом служит криолит Na_3AlF_6. В цехе электролизной плавки может располагаться до 180 таких печей.

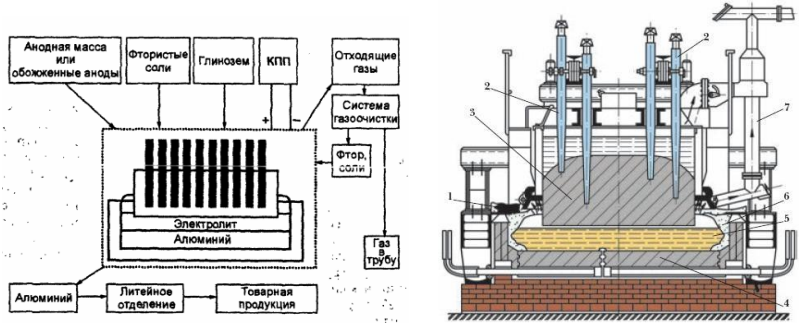


Рис. 2.18. Схематический чертёж ванны электролизёра: 1 – слой глинозёма; 2 – токоподводящие стержни; 3 – анод; 4 – угольный катод; 5 – расплавленный алюминий; 6 – застывший электролит; 7 – газоотсосная система

Рабочий объем печи заполняется расплавленным электролитом, состоящим из 6–8% глинозема и 92–94% криолита, что необходимо для снижения тепловых потерь в ходе операции. В раствор погружаются угольные электроды, являющиеся анодом. Под влиянием тока к катоду перемещаются катионы алюминия, выделяясь на дне угольных плит. На аноде накапливается кислород, образующий с угольным анодом углекислые газы окиси и двуокиси углерода, которые удаляются. Алюминий, полученный электролитом, называют алюминием-сырцом (чистота – 99,7%). В нем содержатся металлические и неметаллические примеси, которые удаляются различными способами рафинирования. Наиболее распространенный способ – продувка сырца хлором, в результате образуется парообразный хлористый алюминий ($AlCl_3$), который является флотационным реагентом для всех оставшихся примесей (увлекает их на по-

верхность расплава). По окончании данных операций чистота алюминия достигает 99,9%.

Рис. 2.19. Общий вид цеха электролизной плавки на алюминиевом заводе

Расход электроэнергии и сырья достаточно велик: на 1 т алюминия затрачивается примерно 17 тыс. кВт*ч, из которых примерно 30% необходимы для плавки Al, а 70% – для поддержания раствора в расплавленном состоянии. Для производства 1 т алюминия необходимо примерно 2 т глинозема, 100 кг криолита, 600 кг угольных анодов и 1 кг хлора.

Чистый алюминий выливается в специальные «чушки» различной длины и диаметра в зависимости от потребностей покупателя и в таком виде продается. Торговля алюминием осуществляется компаниями на международных биржах цветных металлов. Крупнейшим и единственным производителем чистого алюминия в России является холдинг «Объединенная компания “Российский алюминий”» (не считая мелкое производство из металлолома). Он обеспечивает 25% мирового экспорта необработанного алюминия и полностью занимает рынок России.

Широкое применение алюминий получает в результате ценных свойств: легкости, антикоррозийности, пластичности, высокой тепло- и электропроводимости. Он легко образует сплавы, среди которых наибольший интерес представляют дюралюминий (с медью), механические свойства которого сравнимы с некоторыми сортами стали, и силумины (с кремнием, медью, магнием и цинком). Сплавы алюминия используются в авиационной промышленности, производстве оборудования для пищевой промышленности, посуды, фольги и др.

2.3.3. Выплавка магния

Сырьем для получения магния служат магнезиты ($MgCO_3$), бишофиты ($MgCl_2*6H_2O$), метаморфозные доломиты ($MgCO_3*CaCO_3$) и другие минералы. Однако лучшими и наиболее дешевыми рудами являются карналлиты ($MgCl_2*KCl_2*6H_2O$). Они содержат до 20% хлорида магния, 25%

хлорида калия, до 20% хлористого натрия, 1% сульфата кальция и другие вещества.

Наиболее распространен ***электролитический способ получения магния***. Он основан на электролизе хлористого магния, который при использовании карналлитов предварительно отделяют от солей калия и натрия методом флотации.

Основной технологический процесс проводится в специальных герметизированных электролизёрах при полном разделении анодного и катодного отделений, что связано с необходимостью избежать соприкосновения уже металлического магния и хлора, который является активным газом. Электролитом служит раствор, в котором смешиваются 10–16% хлористого магния, 45% хлористого кальция, 30% хлористого натрия и небольшие добавки фтористых солей.

При пропускании постоянного тока в катодном пространстве выделяется жидкий металлический магний, а в анодном – газообразный хлор. Магний-сырец и хлор отсасываются и рафинируются. Очищение магния осуществляется переплавкой с флюсами (борная кислота и др.) в вакуумных электропечах. В ходе этой операции примеси переходят в шлак, а чистота магния достигает 99,82–99,92% против 50% до рафинирования. Далее из магния делают трапециевидные отливки. Для получения 1 т магния требуется 15 тыс. кВт*ч электроэнергии и 15–16 т карналлита, что ориентирует магниевые заводы на сырьевые базы, хорошо снабженные относительно дешевой электроэнергией.

Магний обладает такими свойствами, как пластичность и ковкость. В чистом виде он применяется в пиротехнике, фотоделе. Однако большая его часть используется в виде сплавов в авиационной и ракетно-космической промышленности, а также в тех видах машиностроения, где требуются лёгкие узлы и детали. С помощью магния восстанавливают некоторые металлы, например титан. Поэтому заводы по выплавке магния и титана располагаются рядом или вообще образуют одно предприятие.

2.3.4. Выплавка титана

Для производства титана используют титановые руды, состоящие из таких минералов, как ильменит (титановый железняк, до 50% оксида титана, большое содержание оксидов железа), рутил, бруксит (TiO_2, 94–99%), лейкоксен и пр. Кроме основного компонента в них содержатся примеси ванадия, циркония, скандия и других редкоземельных металлов.

Главным способом производства титана является ***магнийтермический***, заключающийся в восстановлении титана магнием. Для этого руды титана обогащают, плавят при высокой температуре 1600–1800° С с получением титанового шлака для отделения окислов железа от окислов

титана (при использовании ильменитов), а затем подвергают обработке хлором с примесью кокса:

$$TiO_2 + 2C + 2Cl_2 = TiCl_4 + 2CO\uparrow.$$

В специальной шахтной печи сырьё движется сверху вниз. Помимо титана хлорированию подвергаются и другие металлы и вещества. Летучие вещества удаляются с помощью дымососов, а твердые в расплавленном состоянии выливаются через летку в нижней части печи.

Далее в конверторе (реакторной печи) происходит восстановление титана с помощью магния, для чего в него загружают магний в виде чушек, вакуумизируют пространство печи, наполняют его аргоном и только после этого подают тетрахлорид титана. При температуре 950–1000 °С между ними происходит реакция:

$$2Mg + TiCl_4 = Ti + 2MgCl_2.$$

Частицы титана спекаются в пористую массу-губку, пропитанную и магнием, и хлористым магнием, а жидкий хлорид магния пропускают через летку. В дальнейшем последний используется для производства металлического магния-сырца.

Заключительная операция протекает в вакуумных дуговых электропечах при температуре 900–950° С. Она заключается в плавлении титановой губки (полуфабриката), которая является одним из электродов печи. Второй электрод – дно печи, выкладывается из медистых материалов. В процессе горения дуги электрод оплавляется, и жидкий титан стекает в медную изложницу, остывает в ней, образуя слиток.

По сочетанию свойств титан превосходит многие металлы, а поэтому он широко используется в отраслях, где необходима высокая антикоррозийная устойчивость материалов, – авиационное, ракетокосмическое, медицинское, атомное, химическое машиностроение, производство поддерживающих элементов, внедряемых в человеческое тело в результате операций и пр.

На магниевых и титановых производствах также вычленяют и выплавляют редкоземельные металлы, что делает эти предприятия центрами развития наукоёмких видов цветной металлургии и формирования научной базы данного вида промышленности.

3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

3.1. Состав машиностроительных производств

Машиностроение – сложное межотраслевое образование, охватывающее множество специализированных видов промышленной деятельности по производству и ремонту машин, механизмов и агрегатов, сходных по заводским технологиям и используемому сырью.

В специальной, учебной и научной литературе приводятся разнообразные классификации видов машиностроения. Назовем лишь некоторые из них:

А) согласно современному общему классификатору видов экономической деятельности (ОКВЭД), используемому в статистическом учете работы предприятий и в производственной деятельности организаций, выделяют:

– *производство машин и оборудования* (раздел D, подраздел DK), к которому относятся производство механического оборудования (двигателей, турбин, трубопроводной арматуры, насосов, компрессоров, подшипников), оружия и боеприпасов, станков для различных отраслей хозяйства, оборудования для лесной промышленности и сельского хозяйства, прочих машин специального назначения и др.;

– *производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования* (раздел D, подраздел DL), включающее производство электронных компонентов, аппаратуры для радио, телевидения и связи, медицинских изделий, измерительных приборов, часов, фото- и оптических приборов, вычислительных машин, компьютеров, электромашин (трансформаторов, кабелей, генераторов, электродвигателей, осветительного оборудования) и др.;

– *производство транспортных средств и оборудования* (раздел D, подраздел DM), объединяющее предприятия, собирающие суда, машины для железнодорожного транспорта, различные виды летательных средств, автомобили, мотоциклы и велосипеды, прицепы и автоприцепы, а также запасные части для них;

Б) в советское время по назначению продукции и другим признакам Центральное статистическое управление и Госплан СССР подразделяли машиностроение и металлообработку на 37 отдельных отраслей и подотраслей, в т.ч. выделялись энергетическое, транспортное, тракторное и сельскохозяйственное, коммунальное, химическое машиностроение, подшипниковая промышленность, производство оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности, пищевой и комбикормовой промышленности, производство бытовых приборов и пр.;

В) в географической науке при изучении территориальной организации машиностроительного комплекса на основании особенностей, факторов и условий размещения производства, степени расчленения технологического процесса чаще всего применяется следующее деление этого вида деятельности:

– *тяжелое машиностроение*, которое тяготеет к источникам металлов, выпускает громоздкую единичную продукцию: металлургическое, горно-шахтное и подъемно-транспортное оборудование, энергетические блоки и пр. (ориентация на сырьевые базы, но также часто и на потребительский фактор). Производство тяжелых видов вооружения (танковая техника, бронетранспортеры, крупные зенитно-ракетные комплексы) связано и с военно-стратегическим фактором. Для некоторых видов энергетического машиностроения, в частности производства оборудования для атомной энергетики, большое значение имеет фактор наукоемкости;

– *общее машиностроение*, характеризуемое преобладанием сборки металлоконструкций, изготовлением относительно простых, но довольно крупных по размерам установок (ориентируется на различные факторы, но чаще всего связано с наличием трудовых ресурсов и близким расположением рынков сбыта). Типичные отрасли – транспортное машиностроение (без автомобилестроения), производство технологического оборудования для промышленности (кроме легкой и пищевой), строительства, сельскохозяйственное (без тракторостроения) машиностроение;

– *среднее машиностроение*, которое ориентируется, прежде всего, на кооперационные связи и наличие близких рынков сбыта продукции. В данных отраслях собираются серийные машины для широкого потребления (производство автомобилей, тракторов, станков, машин и оборудования для ЖКХ, торговли, легкой и пищевой промышленности, мелиоративных работ в сельском хозяйстве, трубопроводного транспорта и пр.). Важное значение для них также имеет расположение производств в районах с высокой технической культурой населения, т.е. с высоким уровнем специальной квалификации;

– *производство точных машин, механизмов, приборов и инструментов, в т.ч. роботостроение,* ориентируемое на районы с высокой технической культурой населения, наличие научных баз и конструкторских бюро, а также выгодное транспортно-географическое положение (для кооперации);

– *производство металлических изделий и заготовок* (ориентируется на сырьевые базы – центры производства черных и цветных металлов, а также базы металлолома);

– *ремонт машин и оборудования* (основной фактор размещения предприятий – наличие потребителей в пределах крупных городов).

3.2. Роль и значение машиностроения в экономике страны

Комплекс отличается широким развитием межотраслевых и внутриотраслевых связей, основанных в значительной мере на производственном кооперировании. Его связи с другими производствами служат одним из важнейших условий функционирования хозяйства страны в целом.

Выпуская орудия труда, машиностроение реализует достижения научно-технического прогресса, обеспечивает комплексную механизацию и автоматизацию процессов жизнедеятельности населения, связь технологической науки с кибернетикой и информатикой, способствует интенсификации производства, увеличению производительной способности человека, усложнению техники и технологий. Все этого в итоге способствует всестороннему развитию всего экономического комплекса, совершенствованию цивилизационных характеристик стран, усилению их роли в международном географическом разделении труда, повышению уровня и качества жизни населения.

Машиностроение благодаря своей наукоёмкости является основным видом промышленной деятельности, благодаря которому совершается переход к постиндустриальной фазе общественного развития. Все более совершенные машины способствуют увеличению значения умственного труда, усилению роли информационных технологий в жизни человечества, усложнению решаемых машинами и механизмами задач.

В связи с этим к числу особенностей машиностроительного комплекса любой страны надо отнести широкое распространение вертикальных интеграционных структур. Среди них выделяются производственные и научно-производственные объединения, крупные акционерные общества, объединенные корпорации, машиностроительные холдинги, в т.ч. Объединенная промышленная корпорация «Оборонпром», ЗАО «Трансмашхолдинг», ОАО «Силовые машины» и пр. (прил. 3.1). Именно эти структуры служат основными видами машиностроительных предприятий, объединяющих более мелкие заводы. Для активизации машиностроительной деятельности по стратегическим направлениям, формирования государственного заказа и усиления контроля правительства за состоянием отрасли в конце 2000 – начале 2010-х гг. в России были созданы объединенные машиностроительные корпорации (прил. 3.2).

Машиностроительный комплекс выполняет различные социально-экономические функции. На него приходится более 20% стоимости

промышленно-производственных фондов и около 15% объема выпускаемой промышленной продукции в современной России. Комплекс обеспечивает значительную часть экономически активного населения, занятого в промышленности (примерно 20%), работой и относительно высоким уровнем заработной платы (табл. 3.1).

Все вышеперечисленное также отражается на активной районо- и территориеобразующей функции комплекса. В результате кооперирования и специализации, влияния основных факторов размещения (наукоемкости, кооперационных связей, выгодного транспортного положения, ориентации на квалифицированную рабочую силу и др.) на территории европейской части России и во многих отдельных подрайонах Сибири и Дальнего Востока сложились локальные машиностроительные комплексы, где различные заводы производственно взаимосвязаны и совместно выпускают готовую продукцию.

Таблица 3.1

Основные показатели развития машиностроения России в 2013 г.*

Вид экономической деятельности	Общее количество организаций[1], ед. / / % от российского показателя	Объем отгруженных товаров и выполненных работ и услуг, млн руб. / % от российского показателя	Среднегодовая численность занятых, тыс. чел.[1] / % от российского показателя
Всего по комплексу	**87738 / 28,1**	**6049,6 / 14,6**	**2581,8 / 19,7**
Производство машин и оборудования	42528 / 13,6	1352,1 / 3,2	792,7 / 6,0
Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования	35233 / 11,3	1535,8 / 3,7	758,4 / 5,8
Транспортных средств и оборудования	9977 / 3,2	3161,6 / 7,6	1030,7 / 7,9
Всего по промышленности России	***312047 / 100***	***41373 / 100***	***13076 / 100***

*Составлено по стат. сб. «Промышленность России – 2013» (М., 2014), «Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991 – 2014 гг.» (приложение к «Российскому статистическому ежегоднику).

Особенно следует выделить территории всех крупнейших городских агломераций России, сложившихся вокруг городов-миллионеров и

[1] Без предприятий, относящихся к субъектам малого бизнеса.

крупнейших городов. Московский, Санкт-Петербургский, Нижегородский, Новосибирский, Пермский, Омский, Самарско-Тольяттинский, Казанский и прочие локальные машиностроительные комплексы с высокоразвитой технической культурой рабочей силы ориентируются на удачно сочетающиеся благоприятные условия для развития машиностроительной науки, потребительского фактора и выгоды транспортно-географического положения (прил. 3.3).

Екатеринбургский, Нижнетагильский, Челябинский, Оренбургский, Воронежский, Липецкий, Ростовско-Таганрогский, Волгоградский, Красноярский и прочие локальные машиностроительные комплексы (прил. 3.4), прежде всего, ориентируются на такие удачно сочетающиеся факторы, как наличие рядом расположенной металлургической базы, крупного потребительского рынка, транзитное положение территории агломераций и высокая техническая культура населения. Совпадение источников сырья с местами потребления готовой продукции представляет собой наиболее оптимальный вариант размещения машиностроительных предприятий.

3.3. Понятие о машинах и современные машинные технологии

Машина – это механизм или сочетание механизмов, совершающих управляемые целесообразные движения для производства работы или преобразования энергии. Машина является средством производства, с помощью которого используются природные ресурсы и силы.

В эпоху НТР можно выделить четыре главных вида машин соответственно с их разными функциями (рис. 3.1):

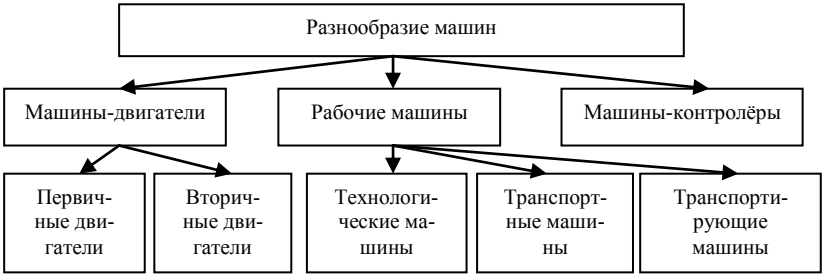


Рис. 3.1. Классификация машин (по М.Р. Плоткину)

– ***машины-двигатели***, преобразующие один вид энергии в другой, которые в свою очередь подразделяются на *первичные* (непосредственное использование и преобразование имеющихся в природе энергоресурсов – паровые турбины, гидротурбины, атомные реакторы, ветроус-

тановки, солнечные батареи) и *вторичные* (необходимы для преобразования энергии, получаемой от первичных двигателей, – электрогенератор, дизель-генератор, пневматические и гидроприводы и пр.);

– ***рабочие машины*** (***машины-орудия***), служащие для преобразования какого-либо вида энергии в конкретную работу, используемые для обработки каких-либо продуктов, воздействия на них. Например, металлорежущий станок – это рабочая машина, на которой с помощью режущих инструментов обрабатываются изделия из металла, пластмассы и других материалов в соответствии с заранее заданной формой и размерами. Все машины-орудия по своему назначению делятся:

а) на *технологические*, применяемые в различных технологических процессах (литейные, кузнечно-прессовые, деревообрабатывающие сварочные и другие станки, сельскохозяйственные и коммунальные машины и др.);

б) *транспортные* (тепло- и электровозы, речные и морские суда, автомобили, велосипеды и др.);

в) *транспортирующие* (подъемные и мостовые краны, конвейеры, эскалаторы, лифты и др.).

Все рабочие машины состоят из трех основных механизмов: двигательного, передаточного и исполнительного. Последний является основной частью машины, определяющей ее специализацию;

– ***машина-контролер***, контролирующая работу других машин. Роль человека в этом случае сводится к наблюдению за регулирующим устройством системы машин, пуску их в действие, наладке, ремонту. К ним относятся приборы, следящие за технологическими процессами, приборы на транспорте, электроизмерительные приборы, автоматические системы управления и пр.

Машины и механизмы состоят из соединенных между собой деталей. ***Деталь*** – это простейшая единица машины. Отдельные машины, например современные самолеты, имеют в своем составе более 100 тыс. деталей. Детали различаются по форме, размеру и назначению (рис. 3.2).

По своему назначению детали машин делятся:

– на корпусные (рамы, стойки, станины, коробки);

– детали для передачи движения (валы, оси, зубчатые колеса, шкивы, муфты и пр.);

– крепежные (болты, гайки, шурупы и др.);

– поддерживающие (кронштейны, стойки, упоры).

С развитием техники, усложнением производственных технологий машины и их отдельные детали, механизмы становятся все сложнее. В настоящее время десятки машин объединяются, происходит комбинирование машин, производятся *машины-комбайны* (зерноуборочный,

картофелеуборочный, угольный комбайны, турбогенератор, комбайны для приготовления пищи и пр.). При этом уменьшаются размеры машин, что особенно ярко проявляется в микроэлектронной и электронной промышленности, производстве приборов. Все большее значение приобретают *наномашины*[1] (микрочипы, микросхемы, компоненты станков и оборудования для различных отраслей экономики, наноэлектромеханические системы, микроприборы, сверхлегкие светодиодные панели и пр.).

Рис. 3.2. Детализация строения автомобиля

Еще одно направление развития современных машин – все большее *распространение робототехники и роботостроения*, которые позволяют полностью механизировать и автоматизировать производственные операции на предприятиях, максимально исключить брак в машиностроении, связанный с человеческим фактором и квалификацией работника, резко увеличить производительность труда на предприятиях. Современные роботы становятся многофункциональными, способными производить разнообразные операции, в т.ч. одномоментно.

В 2013 г. совокупный объем рынка промышленной робототехники, по оценкам Международной федерации робототехники (IFR), составил 9,5 млрд, а с учетом сопутствующего программного обеспечения и периферийных устройств – более 29 млрд долл. США. Основные потребители – автомобилестроение и производство электроники (рис. 3.3). Это уже зрелый рынок с высокой конкуренцией между небольшим числом крупных производителей и темпами роста около 8% в год. Он име-

[1] Лучшие разработки нанотехнологий в мировой науке 2011 года. URL: http://nanodigest.ru/content/view/975/1 (дата обращения: 02.05.2015).

ет свои точки роста: роботизацию среднего и малого бизнеса, создание ко-роботов, способных работать вместе с человеком. Однако куда большие перспективы имеет рынок сервисной робототехники: его объем составляет 5,3 млрд долл. и продолжает расти впечатляющими темпами [35].

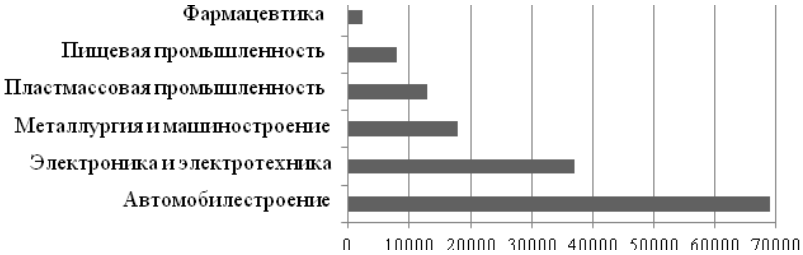


Рис. 3.3. Распространение роботов по видам промышленной деятельности в 2013 г., тыс. ед. (по данным электронной версии журнала «Эксперт») [35]

В мире активно разрабатывают беспилотные автомобили, тракторы, строительные машины. Уже сегодня работают сервисные медицинские роботы, роботы-беспилотники, обеспечивающие доступ в Интернет в самых удаленных местах планеты, роботизированные механизмы в сельском хозяйстве, роботы-станки и пр. Роботизация охватила и военно-оборонное машиностроение. В 2013 г. 45% всех проданных профессиональных сервисных роботов составили военные. Именно инвестиции в этой области вносят основной вклад в развитие робототехники (рис. 3.4). Ведущая роль в этом процессе принадлежит США.

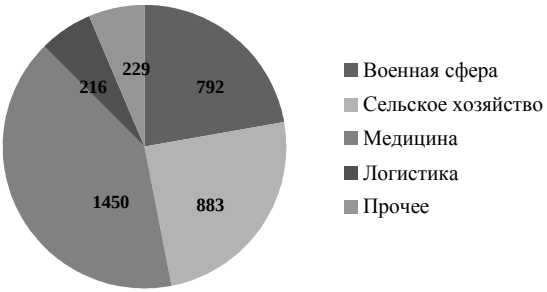


Рис. 3.4. Структура мирового рынка профессиональных сервисных роботов, млн долл. США (2013 г., по данным электронной версии журнала «Эксперт»)

Быстрыми темпами происходит разработка гражданских роботов в странах Европейского Союза, особенно в Германии и Франции (компании ABB, KUKA, Aldebaran Robotics, Gostai), Республике Корея (компании LG Electronics, Yujin Robot) и Японии (Mitsubishi, FANUC Robotics, Kawasaki, Sony, Honda, Takara Tomy, ZMP Inc., Business Design Laboratory Co.). Крупнейшим производителем промышленных роботов является Китай.

В России производство роботов отличается низкими показателями (доля на мировом рынке робототехники – 0,17% [32]), что не создает условий для активного внедрения робототехники в различные отрасли хозяйства, особенно в промышленность. Как отмечают специалисты, потенциал роста этого рынка невелик: от ключевого потребителя – автомобильной промышленности – в ближайшее время не стоит ждать взрывного роста. Второй возможный локомотив роста – электроника – в нашей стране практически отсутствует. Потенциальный объем спроса на промышленную робототехнику в России снижает и низкая культура производства [35]. В итоге в современной России ежегодно продается около 300 роботов, тогда как в Таиланде за этот же период 4 тыс.

Рис. 3.5. Роботизированный сборочный цех компании Ниссан, 2010 г.

Рис. 3.6. Транспортный робот ASTACO-Сора применялся при устранении аварии на АЭС Фукусима

По мнению исследователей этого направления современной НТР, отечественному роботостроению не хватает целенаправленной государственной программы развития, финансовых площадок для поддержки робототехнических разработок, активности гражданского роботостроения. Существуют препятствия, связанные с отсутствием необходимого оборудования и станков для производства подобного рода машин, снижением общей технической культуры трудоспособного населения.

[1] Робототехника: глобальные перспективы, самые перспективные компании и проекты. URL: http://utmagazine.ru/posts/7550-robototehnika-globalnye-perspektivy-samye-perspektivnye-kompanii-i-proekty (дата обращения: 02.05.2015).

Рис. 3.7. Американский боевой робот SWORDS[1]

Рис. 3.8. Российский боевой робот «Платформа-М»

В то же время научный потенциал и рыночный потенциал роботостроения в России достаточно широк (особенно в связи с современным развитием военно-промышленного комплекса, ориентирующегося на отечественные разработки) (прил. 3.5).

Таким образом, основной мировой тенденцией в трансформации представлений о современных машинах является усложнение функций машины при общем уменьшении ее объема, что позволяет увеличивать ее КПД и производительность труда, совершаемого с ее помощью.

3.4. Основные технологии и сырье в машиностроительном производстве

Основные технологические операции на машиностроительных заводах мало отличаются друг от друга. Для изготовления одних и тех же деталей применяются схожие методы. Единственное отличие заключается в том, что изготовление различных машин требует модификации общего набора операций. Основными звеньями являются заготовка, механическая и термическая обработка, сборка, окончательная обработка и выпуск изделия, протекающие в *различных цехах заводов* (рис. 3.9). С этим связано общее название совокупности технологических операций, применяемых в серийном и массовом производстве машин, – ***дифференцированный процесс***.

Кроме основных (производственных) машиностроительные заводы имеют и вспомогательные цеха (модельный, металлургический, ре-

[1] Австралия объявила конкурс на разработку автономного боевого робота. URL: http://www.rosconcert.com/common/arc/story.php?id_cr=113&id=542608 (дата обращения: 02.05.2015).

[2] Россия на учениях применила боевых роботов. URL: http://autoconsulting.com.ua/article.php?sid=30843 (дата обращения: 02.05.2015).

монтно-механический и др.), *склады для сырья и полуфабрикатов и готовой продукции* (рис. 3.9).

Рис. 3.9. Основные и дополнительные цеха машиностроительного завода

Современные большие машиностроительные предприятия включают в себя все вышеназванные подразделения, включая собственное производство стали и проката (т.н. «малую металлургию»), а также электроэнергии и тепла. Примерами являются крупнейшие машиностроительные предприятия Пермского края – Пермский моторостроительный комплекс и ПАО специального и гражданского машиностроения и металлургии «Мотовилихинские заводы».

В зависимости от масштабов деятельности, вида производимой продукции, возможности кооперирования с поставщиками отдельных узлов и компонентов машиностроительный завод может заниматься только обработкой полученных деталей и сборкой готовой продукции либо быть только сборочным и выпускающим. Так, крупнейшие авиапредприятия России получают многие отдельные детали (узлы) будущих самолетов прямо с предприятий титано-магниевой промышленности. Чисто сборочными могут считаться автомобильные заводы крупнейших мировых производителей, расположенные в окрестностях Санкт-Петербурга.

По мнению многих специалистов, наиболее экономически целесообразной является концентрация производства заготовок и массовых деталей на специализированных предприятиях (литейных, кузнечно-прессовых, металлических), которые бы обслуживали группу машиностроительных заводов. Это позволило бы оптимизировать размещение данных предприятий вблизи рынков сбыта продукции (например, тех заводов, которые выпускают массовую и серийную продукцию), а производство заготовок, отличающееся значительным расходом сырья, вблизи металлургических баз.

Основным сырьем для машиностроительных заводов служат черные и цветные металлы, а также их различные сочетания и сплавы. В настоящее время металлургические предприятия выпускают сотни марок сталей, обладающих всеми необходимыми физико-химическими свойствами (сталь для отливок, нержавеющая, инструментальная, судостроительная, электротехническая, специального назначения, жаростойкая, низколегированная, конструкционная, подшипниковая и пр.), различные виды проката, сотни сплавов цветных металлов, в т.ч. редкоземельных.

Наиболее популярные марки используемых в машиностроении нержавеющих сталей представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Зарубежные марки нержавеющей стали и их российские аналоги

Марка стали	Использование в машиностроении и металлообработке
AISI 316 (10Х17Н13М2) с добавлением молибдена	Для производства нефтегазового оборудования и морских судов
AISI 316Т (10Х17Н13М2Т) с добавлением титана	В сварных конструкциях, для изготовления лопастей газовых турбин
AISI 321 (12-08Х18Н10Т) с большим содержанием титана	В изготовлении бесшовных труб, а также трубопроводных фитингов – фланцев, тройников, отводов и переходов
AISI 430 (12Х17)	Для штампования

Важное значение в современном машиностроении имеют стали, произведенные методом порошковой металлургии, а также карбиды металлов[1], обладающие высокой твердостью, жаростойкостью, химической инертностью.

Наиболее популярными сплавами цветных металлов в машиностроении являются различные латуни (сплав меди и цинка): томпак,

[1] Так, твердый сплав карбида вольфрама и кобальта (в соотношении 90 : 10) – *победит* – используется для производства металлорежущего инструмента.

альфа-латунь, которые применяются в производстве различных мелких деталей, где требуется хорошая обрабатываемость, а также в штамповании (гайки, болты, зубчатые колеса, втулки и пр.). Многие другие марки латуни используются для производства патронов, часов, оборудования для химической промышленности, в судостроении, автомобилестроении. Сплавы меди, обладающие хорошей электропроводностью, применяются в электротехнической и электронной промышленности (константан, манганин, нихром, мельхиор и пр.).

Подшипниковые сплавы на основе свинца называют баббитами. Они также содержат олово, сурьму и мышьяк.

Алюминиевые сплавы легко куются, штампуются, пригодны для глубокой вытяжки, волочения, экструдирования, литья, хорошо свариваются и обрабатываются на металлорежущих станках. Эти сплавы хорошо проводят электричество и тепло, обладают высокой отражательной способностью, немагнитны, безвредны в контакте с пищевыми продуктами (поскольку продукты коррозии бесцветны, не имеют вкуса и нетоксичны), взрывобезопасны (поскольку не дают искр) и хорошо поглощают ударные нагрузки. Благодаря такому сочетанию свойств алюминиевые сплавы служат хорошими материалами для легких поршней, применяются в вагоно-, автомобиле- и самолетостроении, производстве посуды, в качестве архитектурно-отделочных материалов, технологических и бытовых кабелепроводов[1].

Магниевые сплавы легки, характеризуются высокой удельной прочностью, имеют хорошие литейные свойства и превосходно обрабатываются резанием. Поэтому они применяются для изготовления деталей ракет и авиационных двигателей, корпусов для автомобильной оснастки, колес, бензобаков, портативных столов и т.п. Некоторые магниевые сплавы, обладающие высоким коэффициентом вязкостного демпфирования, идут на изготовление движущихся частей машин и элементов конструкции, работающих в условиях нежелательных вибраций.

Кроме того, в машиностроении применяют специальные виды стекла, синтетические материалы (пластмассы, резинотехнические изделия), новые конструкционные материалы (керамика, композиты, углепластики, боропластики), наноматериалы и пр. Для конечной обработки готовых машин используют большое количество лаков и красок, терморегулирующие покрытия, напылители и другие материалы [33].

Разнообразие сырья, потребляемого машиностроительным комплексом, способствует решению сразу нескольких важных задач: уде-

[1] Сплавы // Энциклопедия «Кругосвет». URL: http://www.krugosvet.ru (дата обращения: 03.05.2015).

шевление продукции, улучшение ее физико-химических свойств, снижение материалоемкости, повышение производительности и скорости ее работы. Таким образом, научно-технический прогресс в этой сфере напрямую обеспечивает развитие машиностроения в любой стране мира.

3.4.1. Литейное производство

Литейное производство – это процесс получения деталей или заготовки путем заливки жидкого металла в заранее приготовленные формы, соответствующие нужной заготовке или детали. Часто литейные детали составляют до 50–60% веса будущей машины.

Для литейного производства используют литейный чугун (в виде чушек), а также металлолом, литейные сорта стали, сплавы цветных металлов. Литейный цех завода называется «горячим», так как в нем производится расплавка исходного полученного сырья до готового жидкого вида. Далее происходит собственно процесс заполнения заранее подготовленной формы металлом. Для получения хорошей отливки исходный материал должен обладать текучестью (т.е. хорошо заполнять литейную форму), малой усадкой – большая усадка дает при затвердевании трещины и пустоты, легкоплавкостью – чем меньше температура плавления металла или сплава, тем легче получить отливку.

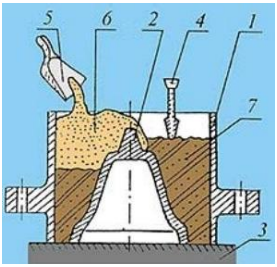
Полученная с помощью литья деталь называется ***отливкой***. Для производства отливок применяются разовые, полупостоянные и постоянные формы. *Разовые формы* (только для одной отливочной операции) изготавливаются из формовочных песчано-глинистых смесей, скрепляемых связующими материалами. Чтобы освободить застывшую готовую отливку, такие формы всегда разрушают. *Полупостоянные формы* – керамические – выдерживают от 5 до 100 отливок. *Постоянные формы* – из чугуна или стали – используют для изготовления нескольких сотен отливок простой и средней конфигурации.

Применяют следующие способы производства отливок:

А) *отливка в земляные формы*. Чтобы получить отливку этим способом, необходимы модель изделия и опоки (ящики, заполненные формовочной смесью, в которые закладывается модель). Модели изготавливаются из пластика, металла и других материалов (ранее из дерева). Учитывая усадку, модель изготавливают объемом на 1–2% больше (рис. 3.10).

Формовку производят ручным или машинным способом. Машинные формовки используют чаще при серийном и массовом производстве. Формы, изготовленные в машинах, более точны по размерам и каче-

ственнее, чем при ручной формовке. С помощью земляных форм получают в основном грубые и громоздкие детали.



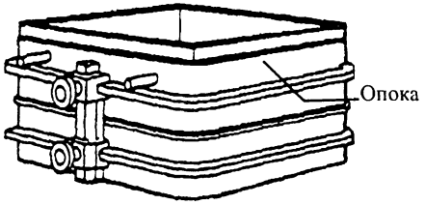


Рис. 3.10. Модель ящика-опоки, используемого для литья в земляные формы: 1 – опока, 2 – модель отливки, 3 – металлический поддон опоки, 4 – устройство для ручного трамбования, 6,7 – формовочная смесь

Для заливки собранные формы устанавливаются в определенном месте цеха либо ставятся на тележку конвейера. Заливка форм расплавленным металлом происходит с помощью разливочных ковшей. Мелкие детали заливают вручную. Выбивание отливок из залитых опок происходит после остывания металла до 100° по шкале Цельсия и ниже. В небольших литейных цехах при единичном производстве формы разрушают вручную. При массовом производстве процесс выбивания механизируют: опоки подают на встряхивающие решетки, при этом выбитая формовочная смесь проваливается сквозь решетку, а отливка и пустая опока остаются на решетке.

Литье в песчаные формы – дешевый, самый грубый (в плане размерной точности и шероховатости поверхности отливок), но самый массовый (до 75–80 % массы получаемых в мире отливок) вид литья;

Б) для изготовления чистых и точных деталей используется *кокильное литье.* Оно представляет собой литье в постоянные металлические формы (кокиль, от французского слова, обозначающего «ракушка»), имеющие составной характер (рис. 3.11). Заполнение металла происходит под действием его силы тяжести. Полученные отливки имеют чистую наружную поверхность, большую точность размеров, идентичность деталей, залитых в одну и ту же форму. К недостаткам можно отнести их высокую стоимость и высокую теплопроводность, что снижает текучесть чугуна.

Данный метод широко применяется при серийном и крупносерийном производстве. Особенно эффективно применение кокильного литья при изготовлении отливок из алюминиевых и магниевых сплавов, так как они имеют относительно невысокую температуру плавления,

поэтому один кокиль можно использовать до 10000 раз (с простановкой металлических стержней);

Рис. 3.11. Литье в кокильных формах

В) *литье под давлением* занимает одно из ведущих мест в литейном производстве. Особенно значимо для производства деталей из алюминия, цинка и их сплавов. С его помощью можно получить отливки большой сложности, с высокой точностью и чистотой. Осуществляется с помощью специального воздействия станка, управляемого человеком, для нагнетания расплава в заранее приготовленную литейную форму (рис. 3.12).

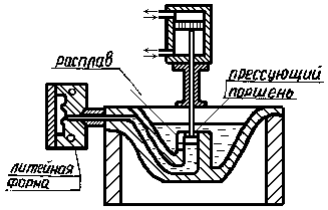


Рис. 3.12. Литье металла под давлением

Выделяются следующие положительные стороны литья под давлением[1]:

1) высокая производительность и автоматизация производства, наряду с низкой трудоёмкостью на изготовление одной отливки, делают этот процесс наиболее оптимальным в условиях массового и крупносерийного производств;

2) минимальные припуски на механическую обработку или не требующие оной, минимальная шероховатость необрабатываемых поверхностей и точность размеров, позволяющая добиваться допусков до ±0,075 мм на сторону;

[1] Электронная энциклопедия «Википедия». URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Литьё (дата обращения: 03.05.2015).

3) четкость рельефа, дающая возможность получать отливки с минимальной толщиной стенки до 0,6 мм, а также литые резьбовые профили;

4) чистота необрабатываемых поверхностей, придающая отливке товарный эстетический вид;

Г) *при центробежном способе литья* залитый в форму металл подвергают действию центробежных сил вследствие вращения формы вокруг своей оси. Отливки, полученные этим способом, имеют большую плотность и высокое качество;

Д) *литье по выплавляемым моделям* применяется для мелких, точных деталей (например, лопатки электротурбин) и режущего инструмента. Важным преимуществом этого способа является возможность получения тех отливок, которые при иных способах пришлось бы собирать из нескольких элементов.

Модели для будущей заготовки изготавливаются из воска, парафина, стеарина и других материалов в гипсовых или металлических формах (рис. 3.13). Затем модели по несколько штук собираются в узел, имеющий литниковую форму. Его погружают в раствор этилсиликата, после чего посыпают мелким кварцевым песком и высушивают. Этот процесс повторяют 3–4 раза, в результате получают на поверхности огнеупорную оболочку. Подсушенный несколько раз в специальных сушильных шкафах модельный узел опускают в горячую воду, модель в оболочке плавится и всплывает на поверхность. Для выплавления модельного состава также используют пар высокого давления. Далее будущую отливку прокаливают в печах при температуре около 1000° С. Образовавшуюся керамическую модель устанавливают в опоки, придавая ей удобное положение для заливки. Далее заливают металл. После его остывания формовочную смесь из опоки выбивают;

Рис. 3.13. Литье моделей по выплавляемым формам[1]: 1 – изготовление моделей; 2 – сборка модельного узла; 3 – нанесение суспензии; 4 – обсыпка слоя суспензии зернистым материалом; 5 – выплавление модели; 6 – прожарка формооболочки; 7 – заливка жидкого металла; 8 – отделение отливок

[1] *Юдин А.М.* Формование деталей методами литья. URL: http://siteas.ru (дата обращения: 03.05.2015).

Е) прогрессивным способом отливки является литье *в оболочковые (корковые) формы*. Сущность технологического процесса сводится к следующему: металлическую плиту, с закрепленной на ней половинкой металлической модели (рис. 3.14), нагревают до 220–280º С, смазывают эмульсией, чтобы не пристыла формовочная масса, и засыпают формовочной смесью (песком со смолой). Смола при нагревании начинает плавиться и обволакивает песчинки. Смесь становится пластичной. При дальнейшем нагреве в печи до 350–380º С слой смеси затвердевает, смола имеет неплавкое состояние. Вторая полуформа создается точно также. Полученные полуформы скрепляют и устанавливают для заливки.

Рис. 3.14. Металлические оболочковые полуформы

Этим способом изготавливают различные отливки массой до 25 кг. Его преимуществами являются значительное повышение производительности по сравнению с изготовлением отливок литьем в песчаные формы, управление тепловым режимом охлаждения отливки и возможность механизировать процесс;

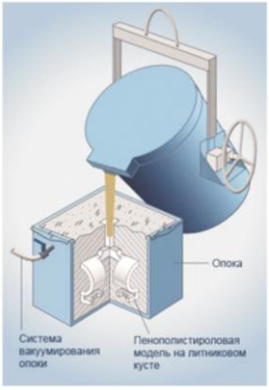


Рис. 3.15. Литье по газифицируемым моделям

Ж) *литье по газифицируемым моделям* также относится к наиболее перспективным. Количество случаев его использования в мире увеличивается последние 20 лет. Особенно характерно его применение для машиностроительных и литейных предприятий Китая и США. Этот способ позволяет значительно экономить на издержках производства, особенно из-за повторного использования формовочного песка, сокращения количества технологических операций, сокращения отходов производства.

Сущность способа заключается в изготовлении изначальной модели из полистирола мелких фракций, которые после этого соби-

раются в единые кусты и подвергаются формованию на вибростолах постепенной засыпкой песком. Далее опоки подсоединяются к вакуумной системе: после включения вакуумного насоса и системы очистки газов формовочный песок приобретает необходимую прочность. Заформованные модели отправляются на заливку, которая производится в полистирольные модели (рис. 3.15): горячий металл выжигает (газифицирует) полистирол и занимает его место.

3.4.2. Механическая обработка отливок и заготовок

Совокупность операций по механической обработке металлов в соответствующих цехах машиностроительных заводов включает в себя кузнечно-прессовое, штамповочное и сварочное производство, а также обработку металлов резанием.

Результат ковки – металлическая заготовка нужной формы, которая называется поковкой. Основными операциями ковки являются осадка, вытяжка, прошивка, рубка, изгибание, закручивание (рис. 3.16). При *осадке* уменьшается длина заготовки, а поперечное сечение в диаметре увеличивается. *Вытяжка* увеличивает длину поковки за счет уменьшения ее поперечного сечения. *Прошивкой* в заготовке получают сквозные отверстия. При *загибании* заготовку изгибают под необходимым углом. *Закручиванием* изгибают часть заготовки по отношению к другой части под необходимым углом. *Кузнечной сваркой* соединяют в целое куски металла или концы заготовки. В месте соединения производят нагрев до пластического состояния, потом ударами молота или давлением (с помощью пневматического, гидравлического или рычажного пресса) соединяют свариваемые концы.

Рис. 3.16. В цехе ОАО «Челябинский кузнечно-прессовый завод», одного из лидеров в странах СНГ по объемам производства кузнечных заготовок (URL: http://www.chkpz.ru)

Штамповка – обработка материалов под давлением с помощью специальных штампов. Различают горячую штамповку и холодную. Штамповка в десятки раз производительнее, чем свободная ковка. При горячей штамповке заготовка изменяет свою форму при сдавливании ее между нижними и верхними штампами. Течение подогретого металла ограничивается полостью штамповки, которая является обратной формой необходимой поковки (рис. 3.17). Холодную штамповку используют для производства мелких метизов: заклепок, болтов, гаек, железнодорожных костылей, шариков и роликов подшипников и т.д. Исходными материалами при этом являются проволока и калибровочные прутки из стали, цветных металлов и их сплавы.

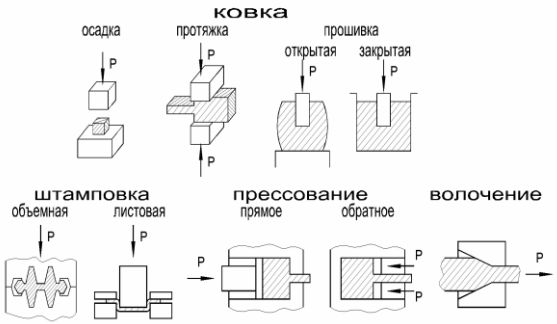


Рис. 3.17. Результаты некоторых операций механической обработки металлов

Сварочное производство. Сварка – процесс получения неразъемного соединения металлических изделий путем их совместного давления или нагрева (рис. 3.18). При сварке плавлением образуется ванночка из расплавленных кромок соединяемых частей и присадочного материала. При затвердевании металла в зоне сварки образуется шов.

На основе используемого физического признака выделяют следующие классы сварки:

А) термический (используется тепловая энергия для плавления): электродуговая, газовая, аргонодуговая, лазерная, плазменная;

Б) термомеханический (используются тепловая энергия и давление): контактная, диффузионная, кузнечная и др.;

В) механический (используются различные способы использования механической энергии): холодная, трением, ультразвуковая и пр.

Наиболее распространенным видом является ***электродуговая сварка*** – изобретение русского инженера, выпускника Петербургского

горного института, управляющего Пермскими пушечными заводами *Николая Гавриловича Славянова* (1854–1897).

Рис. 3.18. Общий механизм ручной электродуговой сварки

Обработка металлов резанием вследствие большой трудоемкости и значительных отходов металла в стружку (5–15%) относится к сложным и дорогостоящим технологическим процессам. Обработка металлов резанием составляет примерно 40% стоимости готового изделия. Удаляемый металл называется припуском.

Припуск снимается на металлорежущих станках разного назначения. Движения рабочих механизмов станка делятся на главные (движения резания и подачи) и вспомогательные (холостые движения и ходы). Главные движения поглощают до 98% мощности, около 2% на движение подачи [9, с. 106].

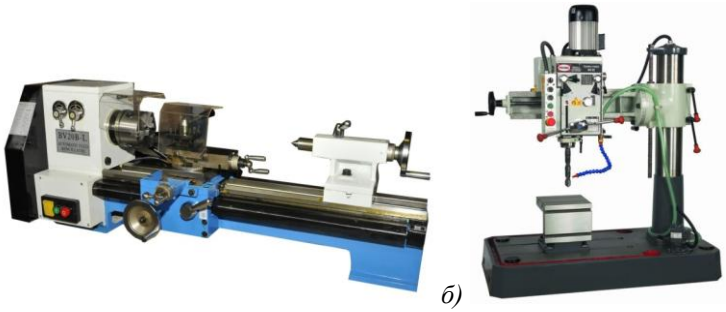
Металлорежущие станки состоят из разных частей и деталей, включающих двигательные, передаточные и исполнительные механизмы. По назначению станки можно классифицировать так: 1) общего назначения (универсальные), имеющие большой диапазон применения; 2) специализированные, предназначенные для деталей одного наименования, или имеющих сходную форму; 3) специальные, изготовляемые для отдельных деталей и операций.

Станки подразделятся на группы в зависимости от характера производимой обработки – токарные, сверлильные, фрезерные, шлифовальные, строгальные, долбежные и др.

Токарные станки применяются для всех видов обработки поверхности металлических изделий (рис. 3.19,а). Наиболее важные операции – обточка и расточка цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, нарезание резьбы, подрезка и обработка концов, сверление, зенкерование, развертывание отверстий[1]. Режущим инструментом в них

[1] *Зенкерование* – вид токарной обработки металлов с помощью специальных инструментов (зенкеров) с целью повышения их диаметра, повышения качества поверхности и точности. *Развертывание* – вид механической обработки металла резанием, которое прово-

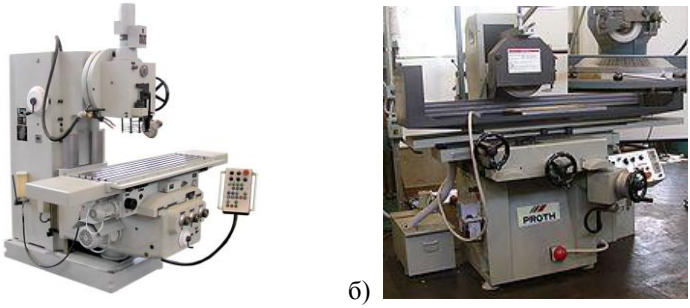
являются резцы различной конструкции, сверла, метчики и пр. Применяют вертикальные станки (для обработки крупных габаритных изделий) и горизонтальные (для массового производства мелких деталей).



а) *б)*

Рис. 3.19. Общий вид токарного (а) и сверлильного (б) станков

Сверлильные станки различных типов применяют в механических и ремонтных цехах заводов для образования различного рода отверстий в деталях и узлах будущей машины в результате сверления. К ним относят горизонтально-расточные (рис. 3.19,б) и координатно-расточные станки, которые позволяют получать точные отверстия в металле с расстояниями между осями с точностью до 0,003–0,005 мм.



а) б)

Рис. 3.20. Общий вид шлифовочного (а) и фрезерного (б) станков

С помощью операции *шлифования на специальных станках* (рис. 3.20,а) улучшают качество покрытия и точность металлических поверхностей. При этом используют абразивные материалы, позволяющие

дят после предварительного сверления и зенкерования с целью получения отверстия с высоким качеством внутренних стенок.

обрабатывать металлы любой твердости. Абразивное зерно, вращающееся с большой скоростью (до 90 м/с и более), срезает металл с поверхности заготовки, оставляя на нем сверхмалые отметины (шлифовальные риски). Выделяют плоскошлифовальные, кругошлифовальные и внутришлифовальные станки.

Фрезерные станки предназначены для обработки с помощью фрез (многолезвийных инструментов) плоских и фасонных поверхностей металлических заготовок, вращательных изделий и зубчатых колес (рис. 3.20,б). При этом фреза, закрепленная на фрезерном станке, совершает вращательное (главное) движение, а заготовка, закрепленная на столе станка, прямо- или криволинейное движение подачи.

В настоящее время кроме вышеперечисленных способов механической обработки металлов используют технологию ***электроискрового метода*** (для сверления отверстия любого сечения и направления, резания металла и пр.), а также ***обработку поверхностей металлов ультразвуком***, с помощью которого можно производить быструю и очень чистую шлифовку изделий.

3.4.3. Сборочное производство и последующие операции

Технологический процесс сборки машин является составной частью производственного процесса, при котором отдельные детали последовательно соединяют в подгруппы, группы, а из них получают готовые изделия. Технологическая организация производства сборки узлов машин зависит от вида производства – единичного, серийного или массового. Основные формы сборки машин – стационарная (стендовая) и подвижная (поточная).

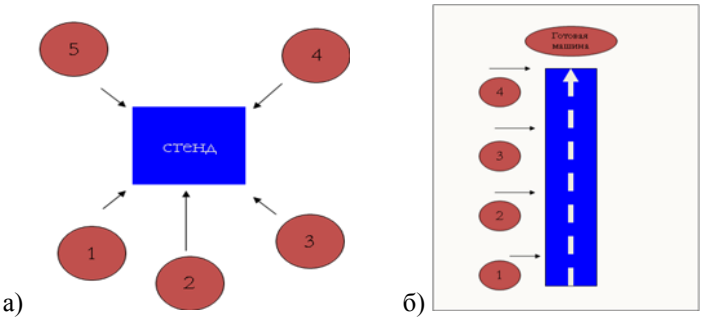


Рис. 3.21. Виды сборочных технологий на предприятиях машиностроения: а – стендовая, б – конвейерная

Стационарная сборка характеризуется тем, что все детали и узлы подаются на собираемый пост (стенд). При подвижной сборке собираемые узлы последовательно перемещаются по всем постам в определенный промежуток времени (рис. 3.21а, 3.22). Каждый пост оснащен специальным оборудованием и инструментом, необходимым для выполнения работ. В некоторых специализированных заводах существуют не просто отдельные посты для сборки отдельных узлов крупногабаритной машины, а цеха, в которых они собираются. Так, например, на самолетостроительном заводе существуют цех шасси, цех двигателей отдельно от основного сборочного производства.

Рис. 3.22. Стендовая сборка самолетов[1] марки SSJ-100 в г. Комсомольске-на-Амуре

Рис. 3.23. Конвейерная сборка автомобилей Toyota в г. Санкт-Петербурге

Поточная сборка (рис. 3.21,б, 3.23) осуществляется на конвейерах, скорость которых ограничивается физиологическими возможностями человека, не более 3,5 м/мин. При этом производство разделено на отдельные части конвейера, в пределах которой осуществляется какая-либо одна последовательная операция. При этом все действия рабочих (или роботов) на потоке подчинены конечному результату – производству готовой продукции. Основное достоинство этого способа сборки – повышение производительности труда путем независимого выполнения операций над несколькими объектами. Чаще всего применяется для производства крупносерийной массовой продукции (автомобили, колесные тракторы, электробытовые приборы, оборудование для легкой и пищевой промышленности, торговли, легких станков и пр.), а также в точном машиностроении (микроэлектроника, часовая промышленность, приборостроение).

Заключительная часть дифференцированного технологического процесса на машиностроительном предприятии включает **многочис-**

[1] URL: http://www.interfax.ru/russia/396819 (дата обращения: 03.05.2015).

ленные отделочные работы – очистку, покраску, нанесение защитных покрытий и др.

Особо следует выделить травление – один из способов очистки поверхности металлических изделий от окислов; гальванику – получение защитных, декоративных или обладающих определенными физическими свойствами покрытий из хрома, меди, цинка, олова, кадмия, серебра; окраску – покрытие готовой продукции различными красками и аэрозолями.

Пройдя сборку и отделочные работы, машины поступают в испытательный цех. После чего отдел технического контроля ставит на ней свою марку. К машине прилагаются необходимая документация, паспорт, правила эксплуатации. После этого машина поступает в продажу или используется на заводе-изготовителе.

4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОЗАГОТОВКИ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ

4.1. Древесина и ее свойства

Древесина (в технологии и технике) – внутренняя часть дерева, лежащая под корой и являющаяся (по преимуществу[1]) важным природным материалом для производства различных изделий (домов, орудий труда, военного оружия, бумаги и пр.).

Древесина играет важнейшую роль в развитии мировой цивилизации и используется человеком с момента появления у него первых строительных технологий. Значительную популярность как конструкционный материал древесина получила в связи с широкой распространенностью древесных биологических видов растений (лесные и кустарничковые участки на планете есть во всех природных зонах за исключением полярных пустынь), а также благодаря большому набору полезных свойств. Это один из самых удобных в обработке видов строительных материалов, обладающих в то же самое время прочностью и экологичностью.

Абсолютная сухая древесина в своем химическом составе содержит (в среднем) 49,5% углерода, 44,1% кислорода, 6,3% водорода и 0,1% азота[2]. Основная масса древесины приходится на долю оболочек живых клеток, которые в свою очередь состоят из целлюлозы (46–56%), лигнина (19–30%), а также пектиновых веществ, минеральных солей, небольшого количества жиров, эфирных масел и пр. Древесина некоторых деревьев (дуб, квебрахо, каштан, ива и др.) также содержит дубильные вещества (танины), красители (сандаловое дерево), смолы и камфору.

Основные виды древесины разделяются на основе отнесения отдельных видов деревьев к отделам царства растений (хвойные, цветковые (лиственные породы)), а также их распространения на планете:

а) породы древесины умеренного (северного) лесного пояса (прил. 4.1) включают как хвойные, так и лиственные породы – ель, пихта, сосна, береза, граб, дуб и пр.;

б) породы древесины экваториального (южного) лесного пояса (прил. 4.2) – квебрахо, эбеновое дерево, махагони, бальса и пр.

Среди основных качеств древесины необходимо выделить следующие:

– внешние физические (текстура, блеск, окраска);

---

[1] Древесина также используется в технологиях производства тепла как естественное природное топливо.

[2] Уголов Б.Н. Древесина // Большая советская энциклопедия. М., 1972. Т.8. С. 424.

– внутренние физические (плотность, анизотропность, влажность, теплопроводность, диэлектрические, электропроводность и пр.);

– химические (зольность, способность к одревеснению, степень окисления и пр.);

– механические (прочность, устойчивость к деформациям, пластичность, твердость и пр.).

Охарактеризуем важнейшие из них[1]:

1) *плотность* древесины – отношение ее массы к объему, измеряемое в г/см^3 или кг/м^3. Зависит от породы древесины, возраста, условий роста, ее влажности. Чем более плотной является древесина, тем дольше она служит. Самая большая плотность наблюдается у дуба, далее следуют ясень, клен, лиственница, бук, береза, орех, сосна, липа, осина, ель, пихта;

2) *влажность* лесоматериалов, используемых при изготовлении деревянных изделий, является показателем ее качества и долговечности. Чем меньше показатель влажности, тем меньше древесина подвержена гниению. В то же время при снижении влажности необходимо учитывать ее *гигроскопичность* (способность быстро впитывать влагу);

3) *коррозионная стойкость* древесины очень важна для строений и изделий, изготовленных из нее, особенно тех, которые эксплуатируются под открытым небом. Следует отметить, что хвойные породы более стойки к коррозии по сравнению с лиственными, поскольку хвойная древесина пропитана смолистыми веществам;

4) низкая *теплопроводность* древесины позволяет ей быть удобным материалом для строительства жилых и хозяйственных помещений;

5) *анизотропность* определяет неодинаковость свойств древесины вдоль и поперек волокон. Она детерминирует разницу в различных способах усушки, направлениях тепло- и звукопроницаемости;

6) *механическая прочность* древесины – ее возможность противостоять различным статическим и динамическим нагрузкам;

7) *пластичность* – способность деревянной детали изменять форму под воздействием нагрузки и сохранять эту форму после снятия приложенной нагрузки. Это свойство имеет значение при изготовлении гнутых деталей.

Древесина служит конструкционным материалом для производства более чем 20 тыс. названий изделий, в т.ч. в авиа-, судо- и домостроении, мебельной промышленности, производстве музыкальных инструментов, фанерном и целлюлозно-бумажном производствах, горных выработках в качестве крепежа, на транспорте (опоры ЛЭП, шпалы), кустарной про-

[1] *Коршевер Г.Н.* Работы по дереву и стеклу. М.: ЛитРес, 2009. С. 8–12.

мышленности, инструментальном производстве, во многих видах химической обработки и пр.

4.2. Лесной комплекс и лесные ресурсы

Современное понимание **лесного комплекса** любой территории исходит из его основных функциональных особенностей. При высокой степени антропогенной нагрузки, которую испытывают на себе различные виды природопользования, в составе лесного комплекса России необходимо выделять не только виды промышленной деятельности, связанные с заготовкой, обработкой древесины и эксплуатацией недревесного сырья, но и отдельные учреждения и отрасли, предназначенные для научного изучения и восстановления лесных ресурсов, а также обслуживающие виды деятельности. Таким образом, под лесным комплексом мы понимаем *совокупность видов экономической и экологической деятельности, базирующихся на рациональном лесопользовании в соответствии с текущими и будущими социально-экономическими потребностями общества*. Исходя из этого определения можно указать, что основной задачей лесного комплекса является «получение лесопродукции в максимальном количестве с наименьшими затратами на основе рационального использования лесных ресурсов»[1].

Лесной комплекс является основным (интегральным) объектом не только лесной деятельности, но и лесной политики. Его особенности как объекта управленческой деятельности связаны, прежде всего, с его сложным составом (рис. 4.1), многообразием лесных ресурсов, природной обусловленностью многих технологических процессов, необходимостью учета экологических требований и пр. условиями.

В состав ядра лесного комплекса страны входят лесное хозяйство, лесозаготовка и лесопромышленные виды экономической деятельности.

Лесное хозяйство – совокупность учреждений и выполняемых ими мероприятий, связанных с учетом и изучением, воспроизводством, охраной лесов, а также их защитой от пожаров и вредителей, контролем выполнения лесного законодательства страны. Основной лесохозяйственной деятельностью занимаются специальные органы исполнительной власти на федеральном уровне (Федеральное агентство лесного хозяйства, Министерство природных ресурсов и экологии РФ) и их подразделения в регионах (департаменты лесного хозяйства в федеральных окру-

[1] Олейник Е.Б. Методическое обеспечение анализа структурных сдвигов в региональном лесном комплексе (на примере Приморского края): дис. соиск. уч. ст. канд. экон. н. Владивосток, 2005. URL: http://www.dslib.net/economika-xoziajstva/metodicheskoe-obespechenie-analiza-strukturnyh-sdvigov-v-regionalnom-lesnom.html (дата обращения: 03.07.2016).

гах), а также исполнительные органы власти самих субъектов и муниципалитетов (министерства и ведомства). Регулирующую деятельность ведут участковые лесничества, объединенные в лесничества (до 2007 г. – лесхозы), отдельные лесопромышленные предприятия и ООПТ. Они имеют право вести учет качества лесов, контролировать вырубки, выписывать штрафы, участвовать в предотвращении экологических преступлений и лесных пожаров и пр.

Рис. 4.1. Состав лесного комплекса России

Кроме того, в условиях перехода к рыночным отношениям резко увеличилась коммерческая роль лесничеств: они могут нанимать для осуществления своей охранной, лесовосстановительной и научной деятельности различные аутсорсинговые организации. В результате в последние десятилетия резко сократилось количество их собственного персонала, особенно полевых специалистов.

Совокупность лесопромышленных предприятий включает организации, занимающиеся лесозаготовительной и деревообрабатывающей деятельностью, а также утилизацией их отходов. Технологические цепочки в этих видах деятельности разворачиваются на основе ***лесоэнергопромышленного цикла***, выделенного в свое время Н.Н. Колосовским, включающего основной производственный стержень (лесозаготовка – механическая обработка древесины – производство готовой продукции из древесины), а также группу лесохимических и лесопищевых ветвей (прил. 4.3).

Механическая обработка древесины определяет изменение формы и некоторых физических свойств исходного сырья, но сохраняет его изначальный химический состав. Она является доминирующим способом ис-

пользования древостоя и развита повсеместно, ориентируясь как на сырьевой фактор (лесопиление, производство крепежного материала), так и на потребителя и выгодность транспортно-географического положения (домостроение, производство мебели и музыкальных инструментов).

Отдельные виды механической обработки все же не исключают химического воздействия. Так, для соединения отдельных листов шпона клееной фанеры применяются первичные смолы, а для пропитывания шпал используются каменноугольные масла и креозот. Такие производства в лесном комплексе иногда называют *химико-механическими*. Основной фактор размещения фанерных комбинатов и шпалопропиточных заводов – сырьевой.

Собственно *химический способ* переработки древесины, наоборот, определяет изменение химического состава сырья с применением определенных реакций и производством новых продуктов (органические кислоты, спирты, дубильные вещества и пр.). К лесохимической деятельности относится также термическая и химическая обработка древесины специальными веществами (щелочи и кислоты) под температурой и давлением (производство целлюлозы, ДВП, ДСП[1], плит МДФ, ЛДФ, бумаги и картона). Они ориентируются на иные факторы размещения предприятий. Так, большое значение в их работе имеют сырьевые предпосылки, так как некоторые химические реакции производятся только с определенным типом древесины (дубильные экстракты). Кроме того, лесохимические производства ориентируются на базы лесопиления, где скапливаются отходы лесной промышленности. Для целлюлозно-бумажной промышленности важное значение играет фактор водоемкости, а для совокупности лесопищевых производств (гидролизное производство спиртов, кормовых дрожжей, витаминных концентратов, сорбита, глюкозы и пр.) – потребительский. Еще одно важное условие – наличие научно-технической базы, развитие малоотходных технологий.

Лесные ресурсы. По данным Всемирной продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО), общая площадь лесных угодий в мире определяется цифрой в 4 млрд га (или 27% площади суши планеты), которая постоянно уменьшается (с 2010 по 2015 г. общая площадь уменьшилась на 16 млн га). При этом запасы сырья составляют примерно 530 млрд куб. м[2], которые незначительно увеличиваются бла-

[1] Производство древесно-стружечных (ДСП) и ориентированно-стружечных плит (ОСП) также относят к химико-механическим способам обработки древесины, так как в технологических операциях по их получению используют древесную стружку – отходы лесопильных предприятий – и полимерные соединения.

[2] Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов в Российской Федерации. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/79/Ezhegodnyj_doklad_o_sostoyanii_i_ispolyzovanii_lesov_Rossijskoj_Federatcii_za_2012_g.pdf (дата обращения: 03.07.2016).

годаря ежегодному приросту в 5,5 млрд м^3. Выделяются два основных лесных пояса: северный и южный.

Северный пояс включает леса умеренных поясов, в т.ч. хвойные бореальные, летне-зеленые и горные хвойные, а также листопадные. Южный пояс – леса тропических и экваториальных широт, в т.ч. расположенные в крупнейших горных системах мира (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Динамика изменения лесопокрытых площадей в мире под разными видами лесов, 1990–2015 гг., тыс. га[1]

Леса	1990	2000	2005	2010	2015
Северный лесной пояс					
Бореальные, включая полярные	1219309	1219820	1218856	1224873	1224452
Леса умеренных широт	617997	640892	659176	673429	684468
Субтропические	325421	324777	323912	319613	320057
Южный лесной пояс					
Тропические и экваториальные	1965542	1879112	1830799	1797757	1770156
Всего	**4128269**	**4055602**	**4032743**	**4015673**	**3999134**

Доля России в общемировой лесопокрытой площади составляет около 20% (1-е место в мире), в общемировых запасах древесины – 15% (2-е место после Бразилии)[1]. По данным Государственного лесного реестра на 01.01.2012 г., общая площадь земель Российской Федерации, занятая лесами, составила 1183,4 млн га, в том числе площадь земель лесного фонда – 1146,1 млн га (табл. 4.2).

Леса Российской Федерации, согласно Лесному кодексу РФ, делятся на группы в зависимости от их местоположения, выполняемых функций и различий в экономических условиях ведения лесного хозяйства:

А) *первую группу* образуют водоохранные (запретные полосы лесов по берегам водных объектов, включая запретные полосы лесов, защищающие нерестилища ценных промысловых рыб); защитные (леса противоэрозионные, государственные защитные лесные полосы, ленточные боры, степные колки и байрачные леса, защитные полосы вдоль железных и автомобильных дорог, особо ценные лесные массивы); санитарно-гигиенические и оздоровительные (городские леса, леса зеленых зон вокруг городов, предприятий и санаториев);

[1] *Keenan R.J., Reams G.A. et al.* Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015 // Forest Ecology and Management. 2015. №352. P. 9–20. URL: www.elsevier.com/locate/foreco (дата обращения: 28.05.2016)

Таблица 4.2

Сведения о землях лесного фонда и лесах, расположенных на землях других категорий России (на 01.01.2012 г.), тыс. га[1]

Земли, на которых расположены леса	Площадь земель, на которых расположены леса,					
	всего	в т.ч. по назначению лесов			лесные земли	в т.ч. покрытые лесной растительностью
		защитные	эксплуатационные	резервные		
Лесного фонда	1146077,4	277202,7	597907,9	270966,8	825012,7	772039,2
Населенных пунктов	1360,7	1360,7	0,0	0,0	1129,7	1030,2
ООПТ	26432,5	26432,5	0,0	0,0	17604,2	16632,2
Иных территорий	9518,4	3744,1	4815,8	958,5	8064,9	7095,2
Всего	**1183389**	**308740**	**602723,7**	**271925,3**	**891811,5**	**796796,9**

Б) ко *второй группе* относятся леса в районах с высокой плотностью населения, имеющие средообразующее, защитное и ограниченное эксплуатационное значение, а также леса с недостаточными лесосырьевыми ресурсами, для сохранения защитных функций которых, их непрерывности и неистощаемости, требуется более строгий режим лесопользования;

В) в *третьей группе* – леса многолесных районов. Они предназначены для непрерывного удовлетворения потребностей народного хозяйства в древесине. Леса этой категории делятся на освоенные эксплуатацией и резервные. К последним относятся леса, не вовлеченные в эксплуатацию из-за их удаленности от транспортных путей и по другим причинам.

На начало 2012 г. в России доля защитных лесов составила 26%, эксплуатационных – 51%, резервных – 23%. Лесистость территории страны равна почти 47%. Однако по стране леса распространены неравномерно (рис. 4.2). Наибольшей лесистостью обладают Иркутская область (83%), Республика Коми (73), Пермский край (71), Архангельская область (70) – регионы с неблагоприятными климатическими условиями и таежно-мерзлотными и подзолистыми почвами. Значительная часть лесов также находится в горных и полярных регионах Сибири и Дальнего Востока. Это предопределяет

[1] Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов в Российской Федерации. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/79/Ezhegodnyj_doklad_o_sostoyanii_i_ispolyzovanii_lesov_Rossijskoj_Federatcii_za_2012_g.pdf (дата обращения: 03.07.2016).

низкую продуктивность древостоя во многих частях страны. Возможна эксплуатация только 52% площади лесов, большая часть которых уже истощена. Экономическая доступность лесов еще более низкая. Так, доля продуктивных (I-III классы бонитета) спелых и перестойных хвойных древостоев не превышает 20%.

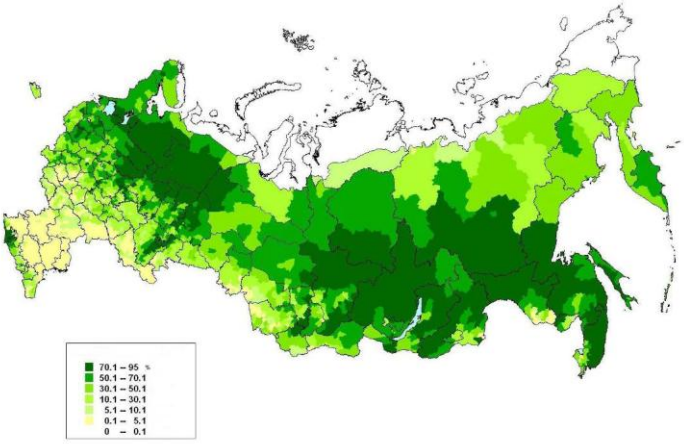


Рис. 4.2. Лесистость регионов – субъектов РФ (по данным Федерального агентства лесного хозяйства, 2012)

Для организации лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности на территории России большое значение имеют показатели породного состава, спелости и группы возраста древесины.

Большая доля лесных площадей на территории страны отведена под хвойные породы бореального и умеренного пояса (68%), из которых выделяются лиственница (35) и сосна (16%). Почти 20% площадей связано с лиственными породами деревьев, среди которых ведущая роль принадлежит березе (15%), осине (3%). Из широколиственных и твердолиственных пород (считающихся наиболее ценными) выделяется дуб (1% всех лесопокрытых площадей страны)[1]. Площади, занятые основные породами деревьев, на протяжении последних 25 лет остаются стабильными и даже имеют тенденцию к небольшому увеличению. Уменьшение ельников связано с перевырубками, частыми лесными пожарами и недостаточным лесовосстановлением.

[1] Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов в Российской Федерации. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/79/Ezhegodnyj_doklad_o_sostoyanii_i_ispolyzovanii_lesov_Rossijskoj_Federatcii_za_2012_g.pdf (дата обращения: 03.07.2016).

Группы возраста – объединение древостоя в возрастные группы в зависимости от возраста рубки главного пользования. Выделяют молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные древостои. На землях лесного фонда России преобладают спелые и перестойные насаждения (44% площади), молодняки занимают 17,2%, средневозрастные – 28,5%, приспевающие – 10,4%. Современная практика лесопользования в России показывает, что в последние годы в районах с особо высоким уровнем эксплуатационных нагрузок происходит быстрое сокращение спелых пород, особенно на территориях, покрытых хвойными деревьями. Наука о лесовосстановлении определяет, что в качестве основного критерия для установления возможного размера рубки должен быть принят годичный урожай древесины. Однако в настоящий момент лесовосстановление в лесоизбыточных районах вряд ли достигает 40%. Оптимальным считается такой лес, в котором все возрастные группы представлены равными частями, что делает рациональным как организацию лесозаготовительной деятельности, так и охрану леса.

С группой возраста тесно связано понятие ***спелости древесины*** – состояния отдельного дерева или древостоя, в котором он в наибольшей мере соответствует предъявляемым к нему требованиям. Зрелость древесины определяется по его естественному возрасту (возрасту, в котором дерево переходит в стадию отмирания). Установление возраста естественной спелости важно для лесного хозяйств, так как он определяет высший предел, после которого насаждения нецелесообразно оставлять на корню [11, с.134–135] (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Естественная спелость некоторых пород деревьев

Порода дерева	Естественная спелость, лет
Дуб	400
Сосна, ель	300–350
Береза	100
Осина	40

Лесной комплекс и лесные ресурсы имеют важное значение в социально-экономической жизни страны. Так, лесные ресурсы используются как компонент многих туристско-рекреационных систем, являются атрибутом культурной жизни многих народов, влияют на формирование ментальных особенностей жителей лесоизбыточных местностей. В последние годы вновь увеличивается хозяйственно-бытовое значение леса: он снова становится доступным и популярным конструкционным материалом для жилого и дачного домостроения.

Сохраняется роль лесных ресурсов как природного топлива в жизни населения сельской местности России.

Лесные ресурсы имеют важнейшее экономические значение. С их использованием связаны развитие многих иных видов промышленной деятельности и занятость значительной части трудоспособного населения (табл. 4.4). Продукты переработки древесины, полученной в процессе эксплуатации лесных ресурсов, принадлежат к числу важнейших предметов производственного и личного потребления. В целом использование древесины в экономических целях носит комплексный характер и способно оказать мультипликативный эффект на целые районы и межотраслевые комплексы. Для многих регионов России и некоторых других стран мира (Канады, Бразилии, Демократической Республики Конго, Индонезии) лесозаготовительная и лесообрабатывающая промышленности образуют целые территориально-промышленные комплексы, организуют территории, поселения, в т.ч. отдельные города. Так, например, для Республики Коми, Архангельской области, Пермского и Красноярского краев и многих других регионов России лесопромышленные виды деятельности определяют отраслевую структуру их экономики, имидж в экономической жизни страны, участие в национальном разделении труда, наполняют бюджеты территорий и влияют на общую социально-экономическую ситуацию.

Таблица 4.4

Некоторые показатели лесопромышленных видов деятельности в промышленности России в 2013 г.*

Вид экономической деятельности	Общее количество организаций, ед. / % от российского показателя	Объем отгруженных товаров и выполненных работ и услуг, млрд руб. / % от российского показателя	Среднегодовая численность занятых, тыс. чел. / % от российского показателя
Обработка древесины и производство изделий из нее (фанера, пиломатериалы, ДВП, ДСП и пр.)	20115 / 6,4	377,0 / 0,9	245,0 / 1,9
Целлюлозно-бумажное производство, издательская и полиграфическая деятельность	54409 / 17,4	765,8 / 1,9	319,0 / 2,4
Мебельное производство[1]	25776	92,8	65,3

[1] Данные за 2011 г.

Окончание табл. 4.4

Вид экономической деятельности	Общее количество организаций, ед. / % от российского показателя	Объем отгруженных товаров и выполненных работ и услуг, млрд руб. / % от российского показателя	Среднегодовая численность занятых, тыс. чел. / % от российского показателя
Всего по промышленному комплексу страны	***312047 / 100***	***41373 / 100***	***13076 / 100***

* Составлено по стат. сб. «Промышленность России – 2013» (М., 2014), «Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991–2014 гг.» (приложение к «Российскому статистическому ежегоднику).

В этой же степени лесопромышленный комплекс определяет место страны на мировом рынке изделий из леса, где основными игроками сегодня являются США, Китай, Канада, Германия, Финляндия. В 2012 г. доля России в мировом производстве круглых лесоматериалов составляла 5,4%; пиломатериалов – 5,3%, листовых древесных материалов – 2,9%; бумаги и картона – 2,2%. Доля России в мировом экспорте круглых лесоматериалов в том же году равнялась 17,9%; пиломатериалов – 11,6%, листовых древесных материалов – 2,5%; бумаги и картона – 2,5 %. Общий вклад лесного комплекса в ВВП страны относительно не велик – 0,7%, как и в привлечении иностранных инвестиций. Тем не менее, по прогнозу Минэкономразвития, эти показатели будут увеличиваться после выхода страны из затяжной рецессии середины 2010-х гг.[1] Основную часть экспорта обеспечивают крупные лесопромышленные холдинги (прил. 4.4).

Леса определяют и экологическое состояние местностей: поглощают углекислый газ, продуцируют кислород, защищают от пыли и шума, смягчают городской микроклимат. Можно отметить, что леса во многом формируют среду обитания человека, экологическую обстановку и способствуют повышению качества жизни населения, выполняя в природе санитарно-гигиенические функции.

В то же время в функционировании лесного комплекса выделяется большая группа проблем, которые требуют систематического решения на основе частно-государственного партнерства. Среди них:

[1] Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. (разработан Министерством экономического развития Российской Федерации). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/d243c22bf4f6a0946087eed03173305e77f52931/ (дата обращения: 22.07.2016).

– низкая степень обновления материально-технической базы. Так, в лесопильном производстве практически повсеместно используются лесопильные рамы, являющиеся энергоёмкими и низкопроизводительными. Значительная часть оборудования непрерывного действия в целлюлозно-бумажном производстве находится в эксплуатации более 25 лет. При этом имеющиеся производственные мощности работают на пределе своих современных технологических возможностей;

– слабая инновационная и инвестиционная активность и отсутствие заинтересованности в развитии производств со стороны зарубежных и отечественных владельцев лесопромышленных компаний и холдингов. Развитие получают только крупные производства, которые занимают выгодную нишу на мировом рынке благодаря высокой экспортной составляющей;

– слабое развитие внутренних технологических связей между предприятиями лесозаготовления и лесообработки в региональных лесных комплексах. Потеря комплексности в отношениях между разными видами лесопромышленной деятельности;

– практически полное отсутствие российского лесотехнического машиностроения;

– малая доля внутреннего рынка, занимаемая отечественной продукцией с высокой добавленной стоимостью (высокосортные виды бумаги, современные древесно-волокнистые плиты, древесно-полимерные композиты, мебель и др.). В целом слабое развитие «верхних стадий» лесоэнергопромышленного цикла России, усугубляющееся экспортной ориентацией производств;

– недостаточная экологичность производств, в т.ч. слабое развитие утилизационных и малоотходных технологий;

– неустойчивое финансовое положение большинства предприятий и организаций лесного комплекса, усугубляющееся активизацией на мировом рынке лесной индустрии развивающихся стран, расположенных в пределах южного лесного пояса и производящих относительно дешевую продукцию [14];

– устаревшая инфраструктура для развития комплекса, в том числе транспортная, препятствующая эффективной эксплуатации спелых лесов. Особенно ощущается нехватка капиллярных лесовозных дорог. В то же время большинство лесов России расположено в континентальной зоне, что обуславливает высокие транспортные издержки;

– постоянный кадровый дефицит в различных видах экономической деятельности, связанных с лесным хозяйством;

– большая доля «теневого» рынка в лесозаготовительной и лесопильной деятельности, экологические проблемы, вызываемые им, в т.ч. уничтожение лесов во время пожаров;

– недостаточная точность учета лесов и значительные неиспользуемые лесосырьевые ресурсы на землях лесного фонда и др.

4.3. Технологии лесозаготовительной деятельности

Лесозаготовительная деятельность представляет собой совокупность различных технологических мероприятий, связанных с подготовкой лесоучастков к вырубке, собственно рубкой (валкой) древесины, трелевкой (транспортировкой древесины) и вывозом древесины к транспортным центрам.

Лесозаготовительной деятельностью в настоящее время в России занимаются следующие предприятия:

а) крупные деревообрабатывающие предприятия (например, в Пермском крае – ОАО «Соликамскбумпром», «Пиломатериалы “Красный Октябрь”» и др.);

б) бывшие леспромхозы, которые ныне трансформировались в частные лесозаготовительные и/или лесопильные предприятия среднего бизнеса;

в) учреждения системы Федеральной службы исполнения наказаний;

г) множество индивидуальных (частных) предпринимателей.

Специально отведенные лесные участки для лесозаготовки, находящиеся в собственности государства, готовят уполномоченные органы (участковые лесничества и лесничества). Лесной участок может готовиться в пределах одного или нескольких лесных кварталов, учтенных Государственным лесным кадастром (рис. 4.3). На лесном участке организуется т.н. *лесосека*. Она обозначается просеками и специальными знаками, вдоль которых устраивается минерализованная противопожарная полоса. Лесосека размечается на *делянки*, в пределах которых ведется рубка. Площадь одной лесосеки может варьировать от нескольких до нескольких десятков га. Ширина лесосеки при сплошной рубке от 50 м до 1 км.

Прокладкой дорожной сети к лесосекам может заниматься государство, но в большинстве случаев в настоящее время эта обязанность вменяется официальному юридическому лицу или предпринимателю, заключающему договор на аренду лесных участков (рис. 4.4). Часто на них же, а также на плечи органов местного самоуправления перекладываются полномочия по строительству и социально-бытовому обеспечению лесных вахтовых поселков, в пределах

которых располагаются базы лесозаготовителей, а также обустройство «верхних складов» с лесопродукцией.

Рис. 4.3. Фрагмент лесной квартальной карты одного из участков Сысольского района Республики Коми

Лесным законодательством предусмотрены несколько видов рубки древостоя. Так, *рубки главного пользования* обозначают вырубку спелого и перестойного леса 1, 2 и 3-й групп с целью заготовки древесины и лесовосстановления. *Рубки ухода* (или *санитарные*) проводятся с целью удаления нежелательных, в т.ч. «больных», деревьев и их элементов (сучьев, сухих веток), а также создания благоприятных условий для роста более ценных пород (например, хвойных деревьев, подрастающих в условиях доминирования мягколиственных пород). К ним же относятся и *ландшафтные рубки*, преследующие эстетические цели. *Комплексные и комбинированные вырубки* сочетают рубки главного пользования и рубки ухода на одних и тех же участках. Проводятся в лесах разного возраста и сложного состава. Они особенно актуальны на Европейском Севере, в Северо-Западной и Центральной России, где в результате длительного процесса лесопользования образовался смешанный древостой.

По способу организации рубки главного пользования бывают выборочными и сплошными. ***Выборочной*** называется заготовка древесины, при которой на соответствующих землях или земельных участках вырубается часть деревьев или кустарников для своевременного использования спелой древесины, сохранения защитных и средообразующих свойств леса, сохранения его многоярусности. Чаще всего проводится в лесах 2-й группы и в горных районах. Наиболее распространена ***сплошная рубка***, при которой на соответствующих землях вырубается древостой в один прием с сохранением отдельных деревьев для дальнейшего

воспроизводства[1]. В свою очередь она бывает концентрированной (на площадях в 50 га и более), условно-сплошной (в условиях вырубки только 20-40% запаса леса на делянке), а также узколесосечной.

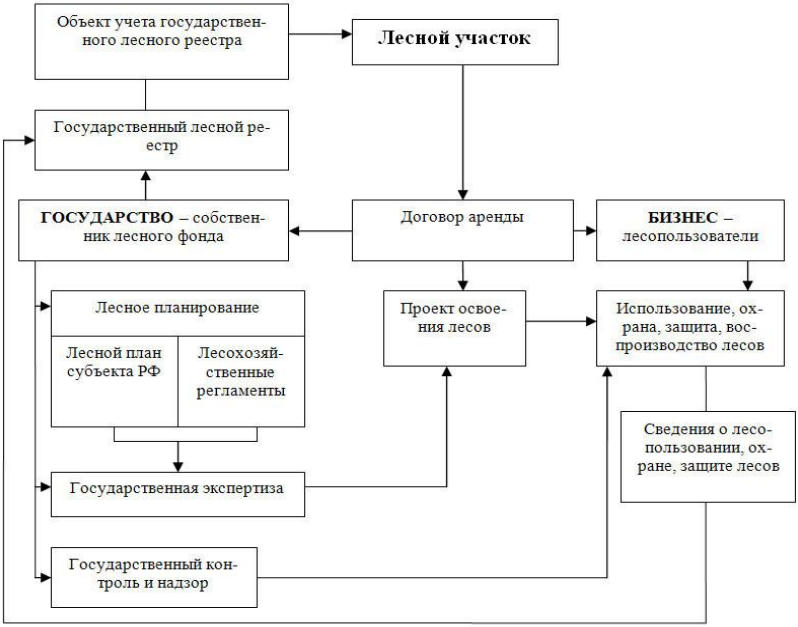
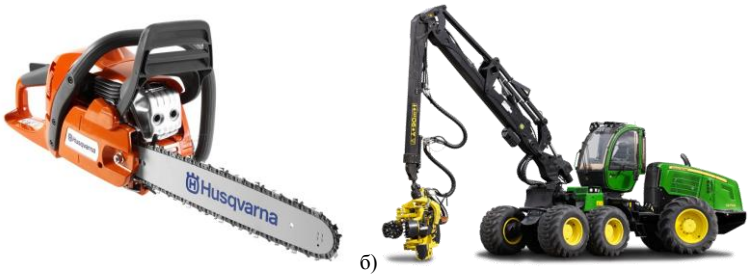


Рис. 4.4. Система частно-государственных отношений в лесном хозяйстве РФ

Основными инструментами для ручной лесозаготовки в настоящее время являются бензопилы (рис. 4.5,а). Для механизированной (наиболее продуктивной) используется специальная машина-комбайн (харвестер) (рис. 4.5,б). Он способен не только спилить деревья, ободрать сучья, но и разделить хлыст[2] на бревна заданного размера. Все операции автоматизированы.

После рубки специальные трактора осуществляют процесс трелевки, транспортировки деревьев, к верхнему складу (месту складирования для дальнейшего вывоза). Трелевку может вести автоматизированный тягач-погрузчик (форвардер), работающий в паре с харвестером (рис. 4.6). Вместе они могут заменять бригаду лесорубов в 20 человек и более, делая процесс лесозаготовки максимально эффективным.

[1] Лесной кодекс РФ. Федеральный закон №200-ФЗ от 08.11.2006 г. Гл. 1. Ст. 17.
[2] Хлыст – сваленное и очищенное от сучьев и вершины дерево.



а) б)

Рис. 4.5. Орудия лесозаготовки: а – бензопила; б – хавестер

Рис. 4.6. Трелевочные машины (трактор и тягач-форвардер)

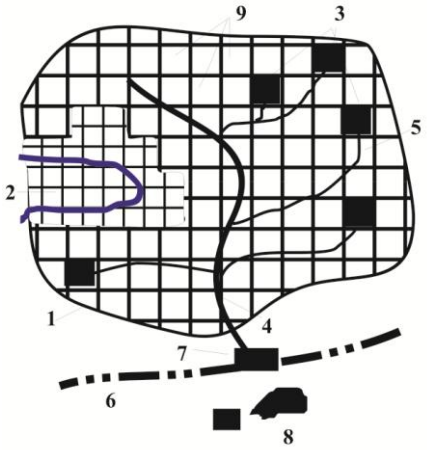


Рис. 4.7. Производственная схема освоения лесных участков [9]:
1 – границы лесных кварталов; 2 – река и леса 1-й группы (водозащитные);
3 – нижние склады, 4 – основная лесосека; 5 – лесосеки-ветки;
6 – транспортная магистраль общего пользования; 7 – верхний склад;
8 – обслуживающие производства и лесной поселок

После складирования очищенные хлысты доставляют к нижним складам, предназначенным для сбора древесины с нескольких лесосек и ее штабелевки (укладки в партии). Ранее древесина вывозилась с помощью автомобильного транспорта или узкоколейной железной дороги. В настоящее время повсеместно распространен первый способ. Нижние склады обычно примыкают к лесосплавным рекам (используется организованный сплав с помощью плотов и барж) или крупным железнодорожным узлам (рис. 4.7).

Важнейшей проблемой лесозаготовки остается необходимость снижения потерь древесины, остающейся на вырубках. В настоящий момент с лесосеки вывозится только около 50% всей биологической массы. Велики потери при транспортировке древесного сырья и валке вместе со спелыми деревьями молодняка, достигающие 30% объема заготовляемой древесины [11, с. 137–138]. В то же время объем обработки древесины может увеличиться до 70% за счет внедрения современных технологий, а также утилизации отходов рубки, переработки валежной и сухостойной древесины, пневого осмола.

4.4. Технологии лесопиления

Лесопиление – совокупность технологических операций по продольной распиловке бревен. Является наиболее массовым видом механической обработки древесины. В качестве сырья выступает пиловочник (бревна хвойных пород и кряжи лиственных пород, заготовленные на нижнем или верхнем складе из хлыстов).

Основной продукцией лесопильных предприятий являются различные пиломатериалы (рис. 4.8), а также многочисленные отходы (стружка, опил, обрезки, горбыль, реи, технологическая щепа и пр.).

В качестве основного оборудования на лесопильном заводе используется лесопильная рама (пилорама) – станок с прямолинейно-возвратным движением продольных пил и круговым движением круговых пил. Пилорама отличается многофункциональными действиями (совершает несколько технологических операций). По способу перемещения пильной рамки они бывают горизонтальными и вертикальными (одно- и двухэтажными). Среди лесопильного оборудования наиболее старыми считаются пильные рамы (рис. 4.9,а). Более современными являются дисковые, ленточные пилорамные и фрезерно-брусующие станки (рис. 4.10,б-г). Они превосходят устаревшие рамные установки по производительности и объему полезного выхода. В качестве вспомогательного оборудования используются кромкообрезные, реброво-горбыльные станки (рис. 4.10,д-е) и дробилки древесных отходов.

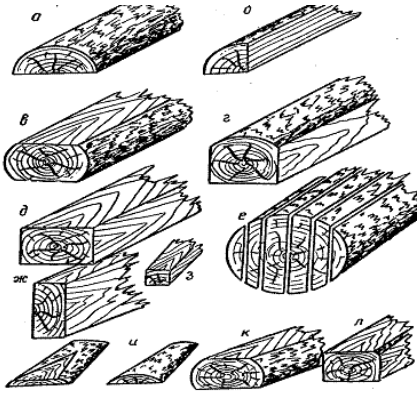


Рис. 4.8. Виды пиломатериалов: а – пластина; б – четвертина; в – двухкантный брус; г – трехкантный брус; д – четырехкантный брус;е – необрезанная доска; ж – обрезанная доска; з – бруски; и – обапол; к,л – железнодорожные шпалы

Рис. 4.9. Лесопильное оборудование

На лесопильный станок пиловочник подается с помощью специального механизма. В зависимости от требуемой толщины на рамах устанавливается просвет между пилами. Распиловка ведется четырьмя способами: вразвал (образуются доски, имеющие необрезанные кромки), брусовкой (когда бревно через станок пропускается несколько раз в результате чего образуется двух-, трех- и четырехкантный обработанный брус), комбинированный (сочетающий предыдущие виды), круговым (при пилении каждое следующее действие может быть сделано под разным углом) (рис. 4.10).

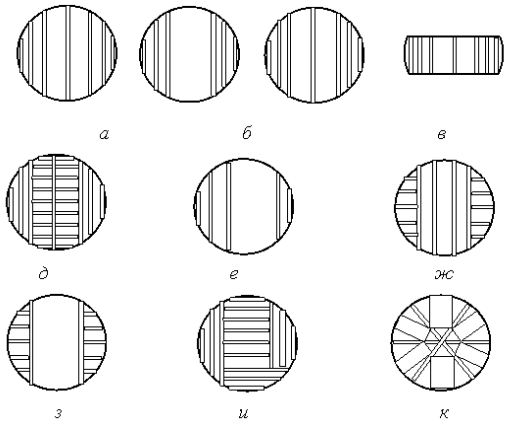


Рис. 4.10. Способы пиления: а – вразвал, б, в – брусовка, г – вразвал бруса, е – выпиловка шпального бруса, ж – развально-сегментный; и – комбинированный (секторный); к – круговой

После ликвидации большинства леспромхозов (в результате чего объемы лесопиления в России снизились в 4 раза по сравнению с советским временем) основной формой лесопильного предприятия стала небольшая пилорама. В результате большая часть российских пиломатериалов производится частными предприятиями с объемами производства не более 10 тыс. $м^3$ в год. Они отличаются недостаточной технологической базой, использованием ручного труда, большим количеством отходов и, как правило, не стремятся к использованию новейшего оборудования и выпуску уникальной продукции. Другим последствием распространения частных лесопилок стало существенное распространение нелегальных рубок деревьев (особенно в Центральной России и Северо-Западном регионе). Кроме того, пострадали предприятия среднего и крупного бизнеса, которые обладали устаревшим оборудованием и являлись инвестиционно не привлекательными. В результате этих причин Россия в 1990-х гг. не могла в полной мере осуществлять экспортные поставки и удовлетворять внутренний спрос на пиломатериалы.

В настоящее время частные лесопилки остаются основным видом предприятий в этом виде деятельности (Центральная Россия, Северо-Западный, Уральский, Поволжский и Западно-Сибирский регионы). Крупнейшие же заводы располагаются на Европейском Севере и в Восточной Сибири, среди которых ЗАО «Лесозавод 25», ОАО «Онежский ЛДК», «ЛДК №3», ООО «Вельский лес» (Архангельская область), ООО «Сыктывкарский ЛДК», «Севлеспил», «Завод по переработке леса и производству деталей деревянного домостроения» (Республика Коми), ООО «ЛДК №2» (Вологодская область), ЗАО «Новоенисейский ЛХК», ОАО «Лесосибирский ЛДК №1» (Красноярский край), ООО «ТМ Байкал», «Лесресурс», Усть-Илимский ЛДЗ (Иркутская область).

С привлечением на рынок России иностранных инвестиций получили распространение совместные предприятия. Например, ООО «ММ Ефимовский» (Бокситогорский район Ленинградской области) принадлежит крупному немецкому лесоконцерну Mayer Melnhof Holz. Такие предприятия имеют преимущественно экспортную направленность, но в то же время привносят новые технологии. Надо отметить, что в Швеции, Германии и Финляндии основная роль в лесопилении отводится крупному капиталу (свыше 100 тыс. км^3 пиломатериалов в год)[1].

Основные направления совершенствования лесопильного производства в России связаны:

– с выстраиванием технологических цепочек (взаимосвязи между крупными и мелкими предприятиями);

– технологической модернизацией (внедрением новых видов лесопильных рам и станков);

– автоматизацией и механизацией производства, приводящих к внедрению постфордистских технологий (поставки «точно-вовремя», ускорение подготовительных операций);

– внедрением широкой ассортиментной политики (производство продукции специального назначения, которая соответствует спецификации заказчика, дает возможность несколько повысить цены и обеспечить большую стабильность продаж);

– совмещением на предприятиях технологий лесопиления и глубокой обработки пиломатериалов (производство облицовочных материалов, паркета, других элементов домостроения).

4.5. Производство фанеры

Клееная фанера – тонкий древесный листовой материал, состоящий из нескольких (от трех и более) склеенных листов древесины (шпона). Каждый следующий слой накладывается таким образом, чтобы волокна шпона были перпендикулярны предыдущему слою. Благодаря своей устойчивости к разрывам, влаго- и термоустойчивости фанера нашла широкое применение в домостроительстве, мебельном производстве, модельном судо- и авиастроении, электротехнике и пр. Это единственный вид деревообработки, который не только не снизил объемы производства по сравнению с советским временем, но и значительно увеличил их (рис. 4.11).

[1] Лесопиление в России. Вчера и сегодня // Электронный журнал GE-News. URL: http://www.globaledge.ru/ru/zhurna_po_derevoobrabotke_ge_news/m828.html (дата обращения: 22.07.2016).

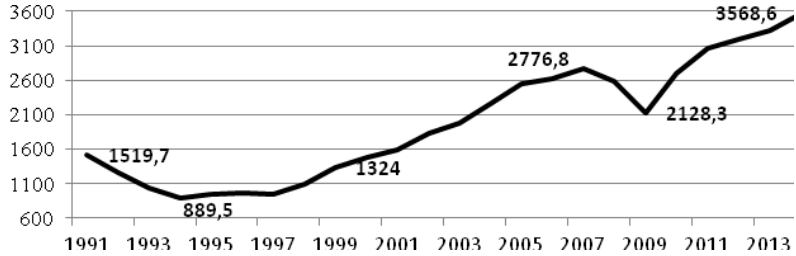


***Рис. 4.11. Динамика производства клееной фанеры в России в 1991–2014 гг., тыс. кв. м*[1]**

В качестве основного сырья используются бревна березы. Также производится фанера из хвойных пород (используется как декоративный материал в мебельной промышленности). Производство фанеры начинается с разделки бревен. Из круглых бревен получают чураки длиной 0,8–1,6 м, которые подвергаются гидротермической обработке с тем, чтобы прогреть древесину и сделать ее более мягкой. После этого чураки освобождаются от коры и на специальном станке подвергаются процедуре лущения (в ходе вращательного движения ножом снимается лента – шпон) (рис. 4.12).

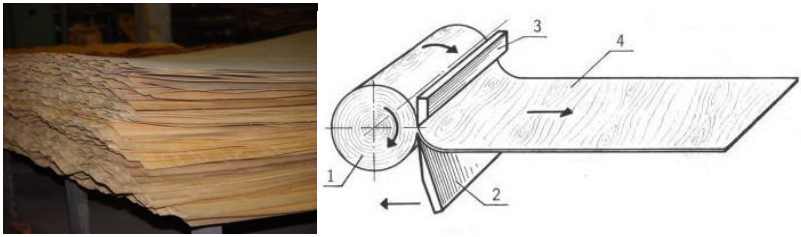


Рис. 4.12. Листы шпона и процесс лущения древесины: 1 – бревно; 2 – нож; 3 – прижим; 4 – шпон

Полученный шпон с помощью ножниц разрезается на листы определенно длины, которые подвергаются сортировке, пакетированию, склеиванию на специальных машинах под температурой 120–150 °С и прессованию. Склеивание по горячему способу длится от 20 до 30 мин. В качестве клея применяются натуральные (альбуминоказеиновые) и синтети-

[1] Составлено по стат. сб. «Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991–2014 гг.» (приложение к «Российскому статистическому ежегоднику).

ческие материалы (фенолформальдегидные, карбамидные и бакелитовые). После этого клееную фанеру подают на форматно-обрезные станки, шлифуют и отправляют на склад готовой продукции.

4.6. Технологии в целлюлозно-бумажной промышленности

Целлюлозно-бумажная промышленность имеет широкое распространение в связи с высокой востребованностью основных видов ее продукции – бумаги, картона и целлюлозы – в различных видах экономической деятельности, в т.ч. в полиграфической промышленности и издательском деле, производстве пищевых, текстильных продуктов, пластмассы, взрывчатых веществ и пр. (рис. 4.13).

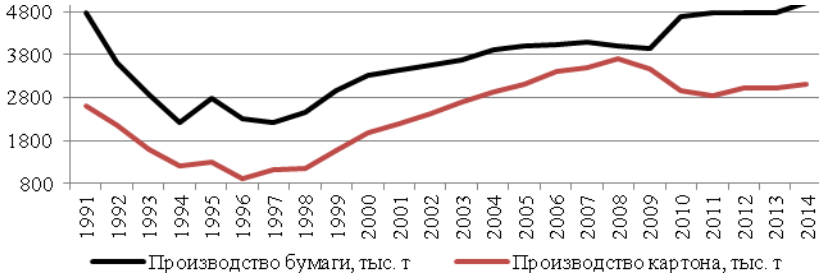


Рис. 4.13. Динамика производства бумаги и картона в России в 1991–2014 гг.[1]

Бумага (предполож. от лат. *bombacium* – «хлопок») – материал, состоящий в основном из специально обработанных растительных волокон, беспорядочно соединенных между собой в тонкий лист. В качестве сырья для производства бумаги первоначально использовались волокна тростника (камыша), хлопка, льна и пеньки. Можно применять солому, бамбук и сахарный тростник. Из остатков тряпичных волокон получают бумагу высших сортов. Однако наиболее удобным материалом в ЦБП считается древесина, главным образом темнохвойных пород (ели и пихты).

Растительная ткань используется в производстве неполностью, так как необходимы лишь ее клетки, состоящие из собственно целлюлозы, или клетчатки $(C_6H_{10}O_5)_n$. Присутствие нецеллюлозных веществ (лигнина, смол, пигментов) снижает качество бумаги, делает ее чувствительной

[1] Составлено по стат. сб. «Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991–2014 гг.» (приложение к «Российскому статистическому ежегоднику). Резкое увеличение производства бумаги и такое же резкое падение производства картона в 2009–2010 гг. объясняется изменениями в общероссийском классификаторе продукции: некоторые виды картона перешли в категорию «Бумажная продукция».

к свету. По этой причине в России в ЦБП фактически не используется древесина сосны (смолянистая) и большинства лиственных пород.

Картон (бумага из толстых растительных волокон) производится на основе переработки чурок как хвойных, так и лиственных пород (прежде всего березы и осины). В производстве бумаги и картона в последние годы растет использование макулатуры (до 30%), что увеличивает экологическую составляющую производств.

Общая схема производства бумаги представлена на рис. 4.14.

Рис. 4.14. Принципиальная схема целлюлозно-бумажного производства

Целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК) является наиболее распространенным видом предприятия по переработке древесины в целлюлозу, бумагу и картон. Обычно он включает в свой состав следующие цеха: 1) лесную биржу; 2) древесно-массный; 3) варки целлюлозы; 4) бумагоделательный.

Лесная биржа – склад древесины, где ведутся подготовительные работы: сушка поступившего сырья (до 6 месяцев) для потери ею смолистости; сортировка по породам и качеству. Отсюда по транспортерам бревна поступают на циркулярные пилы, которые разрезают их на т.н. баланс (бревна длиной от 1,2 до 1,5 м), и на окорочный барабан. Подготовка основных технологических процессов заканчивается измельчением сырья в щепу, которая поступает как в древесно-массный, так и целлюлозный цех.

Древесная масса – полуфабрикат, который получают в результате механического истирания древесины до ее роспуска на отдельные волокна (рис. 4.16,а). Производство его необходимо для того, чтобы снизить себестоимость бумаги и уменьшить потребление целлюлозы. В то же время это приводит к снижению качества и прочности бумаги, так как лучшие ее сорта получают из выварной целлюлозы.

Направленные в *древесно-массный цех* баланс и щепу пропаривают в специальных котлах в течение 4–14 ч при высокой температуре и в присутствии отбеливателя[1] – Na_2SO_3. Это необходимо для более успешного проведения второй операции – истирания баланса на дефибрёре, а щепы – на дисковых мельницах (рис. 4.15). Она происходит с помощью вращающегося дефибрерного камня в присутствии воды. В результате истирания образуются пучки волокон, которые собираются в нижнем лотке.

Далее древесную массу сортируют, обезвоживают и собирают на сеточном барабане с вращающимся цилиндром, или шнек-прессе, и, в конечном итоге, отбеливают, так как древесная масса быстро темнеет под действием света, воздуха и тепла. Основным источником темных пигментов в массе является лигнин, который в процессе пропарки только частично конденсируется, но в основном остается в древесных волокнах. Для его обесцвечивания применяют перекиси водорода или натрия, а также бисульфиты натрия и кальция, гидросульфит натрия.

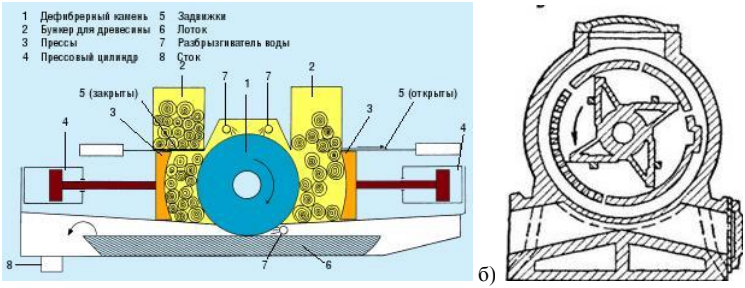


Рис. 4.15. Оборудование для производства древесной массы: а – дефибрер, б – дисковая мельница

Целлюлоза – основной полуфабрикат в производстве бумаги (рис. 4.16,б). Ее получают в процессе варки щепы в специальных котлах в присутствии кислот или щелоков. Это объясняет ее более высокую себестоимость по сравнению с древесной массой. Процесс вываривания необходим для выделения чистой клетчатки из растительных волокон, так как целлюлозы в ней содержится всего 50%. Существуют два способа варки:

а) сульфитный способ обеспечивает процесс получения целлюлозы в присутствии варочной кислоты;

[1] Полученная таким образом древесная масса называется химической, она имеет белый цвет. Например, для производства картона используется бурая древесная масса. Она содержит волокна большей длины, чем химическая, что делает картон более прочным.

б) сульфатный способ состоит в том, что щепу варят в присутствии гидроокиси (щелочи).

а) б)

Рис. 4.16. Бумажные полуфабрикаты – древесная масса (а) и целлюлоза (б)

Первый из них является наиболее распространенным, так как с его помощью получают целлюлозу из древесины темнохвойных пород. Дополнительным сырьем для варки является раствор бисульфата кальция ($Ca(HSO_3)_2$), называемый варочной кислотой. Он производится тут же в целлюлозном цехе в высоких башнях из сернистого газа, известняка и воды:

$$CaCO_3 + H_2O + 2SO_2 = Ca(HSO_3)_2 + CO_2\uparrow.$$

Особенностью этой операции является ее сырьеемкость, так как для производства 1 т целлюлозы расходуется до 100 кг серы и 200 кг известняков, до 4 куб. м древесины.

Для варки щепу загружают в вертикальные котлы емкостью до 300 $м^3$ и больше (рис. 4.17,а), куда также поступают варочная кислота и пар, поддерживающий необходимую температуру и давление. Процесс длится до 10 ч, является достаточно тепло- и водоемким (до 600 $м^3$ воды на 1 т целлюлозы). В результате вываривания нецеллюлозных остатков образуется сульфитный щелок – пахнущая сернистым газом коричневая жидкость, содержащая многие ценные органические соединения и могущая служить сырьем для пищевой и химической промышленности. Ее использование в целлюлозном цехе (как и оборотного водообеспечения) повышает экологичность ЦБП.

Сульфатный способ является более современным, так как позволяет получать целлюлозу более высокого качества из любой древесины, в т.ч. отходов лесопиления. Кроме того, сульфатные щелоки после соответствующего восстановления могут быть вновь использованы для варки. Из них также можно получать ценные продукты, например скипидар. Суть этого способа заключается в варке измельченной щепы в присутствии каустической соды и сульфида натрия.

а) б)

Рис. 4.17. Варочный котел (а) и башня для отбелки целлюлозы (б)

После варки содержимое котла вываливается в установку сцеживания, где происходит разделение твердой целлюлозы и щелоков. В дальнейшем целлюлоза подвергается процессу многократной промывки на пресс-шнеках или в вакуумных фильтрах. Далее, если она предназначена для иных производств, происходит процесс ее сгущения, сортировки, обезвоживания (до 40–90% сухости) и упаковывания.

Если же она используется в дальнейших операциях на ЦБК, целлюлозу подвергают отбеливанию в установочных башнях (рис. 4.17,б) с помощью газообразного хлора или хлорной воды, двуокиси хлора, гипохлорида натрия или кальция.

Предпоследняя из основных стадий получения бумаги – это производство **бумажной массы**, состоящей из разного процента целлюлозы и древесной массы. Для ее получения используют следующие технологические операции:

1) роспуск на волокна с помощью гидроразбрыгивателя и энтштипперов;

2) размол массы с целью уменьшения длины волокон и расщепления в продольном направлении. От его качества осуществления зависят многие свойства бумаги. Так, размолотая масса при листообразовании отлагается на бумажной сетке плотным слоем и дает прочный продукт, а неразмолотая дает более пухлую, пористую бумагу;

3) введение проклеющего вещества (канифоли) для придания будущей бумаге водоотталкивающих свойств;

4) введение наполнителей (глинозем), если необходимо получить иные свойства.

Бумагоделательный цех представляет собой площадку с размещенными внутри нее *бумагоделательными машинами*, которые состоят из множества механизмов, выполняющих последовательную совокупность операций по отливу обводненной бумажной массы на металлические сетки, обезвоживанию и сушке бумажного листа, намотке его в рулон.

Первая бумагоделательная машина (БДМ) непрерывного действия была изобретена в 1799 г. французским инженером Луи-Николя Робером (1761–1828). Современные станки имеют длину до 100 м и производительность от 1 т/сут (для салфетной и туалетной бумаги) до 350 (газетная). Они полностью автоматические (рис. 4.18).

Рис. 4.18. Схема и изображение бумагоделательной машины

Бумажную массу разбавляют водой так, чтобы она превратилась в т.н. «молоко» (влажность – 99%), и медленно закачивают в трубы напорного ящика, а оттуда через узкую щель изливают на непрерывно движущуюся металлическую (или синтетическую) сетку. Слой бумажной массы, быстро двигаясь, попадает в пресс-секцию, теряя значительное количество воды. Он превращается в рыхлый влажный слой свойлоченных волокон. Далее полотно проходит сушильную часть машины, почти полностью теряя влагу и приобретая необходимые показатели прозрачности, воздухопроницаемости, влагопрочности, объема. Сушка проходит кон-

тактным способом, когда бумажный лист соприкасается с нагретой поверхностью множества сушильных цилиндров. На выходе из сушильного отдела бумага имеет влажность до 5% и температуру до 90°С.

В дальнейшем для придания особой гладкости и уплотнения бумажное полотно каландрируют, а после наматывают на катушки и разрезают.

4.7. Производство пластифицированных плит из древесины

Одним из наиболее современных и популярных способов обработки древесины, а также утилизации отходов лесопромышленной деятельности является ее пластификация на основе комбинирования механического, термического и химического воздействия (рис. 4.19).

Рис. 4.19. Динамика производства ДВП, ДСП и аналогичных им материалов в России в 1991–2014 гг.[1]

Основные продукты производства – **древесно-волокнистые плиты (ДВП)** и их различные варианты: ХДФ (ДВП высокой плотности, от *англ.* high density fiberboard), МДФ (ДВП средней плотности, *англ.* middle – «средний»), ЛДФ (ДВП низкой плотности, *англ.* low – «низкий»); **древесно-стружечные плиты (ДСП)** и их варианты.

Сырьем для производства ДВП служит щепа, которую первоначально промывают для удаления примесей (песка, камней и глины), а затем отправляют в машины для размола на волокно (дефибраторы, рафинаторы). В процессе размола в массу вводится парафин (гидрофобизатор) для повышения водостойкости будущего изделия.

[1] Составлено по стат. сб. «Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991–2014 гг.» (приложение к «Российскому статистическому ежегоднику).

Существуют два способа производства плит: *мокрый* и *сухой*. В результате первого полученная волокнистая масса поступает в бассейн, где накапливается и проклеивается водоотталкивающими веществами. Далее наступает стадия отлива «ковра» на машинах непрерывного действия. Из специальных напорных баков волокнистая масса равномерной концентрации отливается на заранее приготовленное полотно. Окончательное оформление ДВП происходит в процессе прессования: под многоэтажный (до 10 м) пресс непрерывного действия, имеющий 20–30 промежутков, заталкиваются поддоны с мокрыми «коврами». Продолжительность процесса примерно 10 мин. (в зависимости от толщины будущей плиты, влажности ковра, наличия в ковре смолы и т.д.).

Сухой способ производства ДВП был изобретен с целью сокращения времени работы пресса, так как стоимость этой части технологического процесса превышает 50% всей себестоимости производства. При сухом способе волокно после размола не разбавляется водой, а наоборот, высушивается и уплотняется. Затем «ковер» подпрессовывается, обрезается, раскраивается на отдельные форматы, которые поступают в прессовый цех. Для повышения качества плит в волокно вводится синтетическая смола (количество смолы определяется соотношением хвойных и лиственных пород, из которых сделана щепа), а также другие добавки. Процесс прессования сокращается в 2–3 раза. Для сравнения: максимальная производительность при мокром способе – 15 млн $м^2$ ДВП в год, а при сухом – до 30 и более. Кроме того, сухой способ позволяет экономить на вспомогательном сырье, производить плиты разной толщины и изменять плотность плит. Так, при производстве плит ЛДФ смолы вообще не используются, а сцепление волокон происходит благодаря лигнину, который содержится в любой древесине. А в ходе производства плит МДФ можно регулировать огнестойкость и защищенность от биологической коррозии. Использование сухого способа производства ДВП началось в России относительно недавно – в конце 1990-х гг.

Древесно-стружечные плиты (ДСП) – это экологически чистый, легкий в обработке материал, высокотехнологическая альтернатива натуральному дереву. В качестве сырья используются щепки, опил, обрывки фанерного шпона и другой мелкий древесный материал.

Первая стадия производства ДСП – измельчение всех древесных отходов на рубительных машинах. Получаемая щепа должна иметь одинаковые физико-химические свойства. Затем ее поставляют на роторные станки, где из нее получается стружка строго определенного размера и структуры. Различают стружку для внешнего и внутреннего слоя будущего изделия. Стружку для внешнего слоя нагревают и быстро остужают. Стружку для внутренних слоев нагревают медленнее, держат в сушилке дольше, остужается она постепенно. Пневматические агрегаты сортиру-

ют стружку для внешних и внутренних слоев по степени влажности. Далее стружку смешивают со связующими веществами (синтетическими смолами).

В формовочных агрегатах просмоленная стружка с помощью ленточных транспортеров превращается в т.н. «ковер», который затем разделяют на пакеты и подвергают горячей прессовке. После прессовки пакеты из стружки становятся очень плотными и твердыми. Далее они обрезаются, шлифуются и поступают на склад готовой продукции.

Разновидностями ДСП являются ее ламинированный вариант (получают в ходе покрытия высококачественной ДСП особой меламиновой пленкой или специальным лаком под давлением и в присутствии высокой температуры), а также экструзионные ДСП, обладающие высокой степенью звукоизоляции.

ДВП и ДСП получили широкое распространение в качестве конструкционного материала в вагоностроении, деревянном судостроении, мебельной промышленности, производстве столярных изделий и тары, ламинатных покрытий, фасадов и каркасов домов.

Одним из новых направлений в развитии лесохимического производства на основе соединения сырья из лесообработки и химических технологий является производство **термопластичных древесно-полимерных композитов (ДПКТ).** Процесс их выпуска основан на смешивании древесины на основе экструзии[1] с мономерами, которые постепенно полимеризуются. От обычных деревянных пластиков ДПКТ отличаются использованием в качестве скрепляющего вещества экологически безопасных и малогорючих термических пластмасс (поливинилхлорида, полистирола, полиэтилена и пр.). Изделия из композитов отличаются высокой механической и химической устойчивостью, мало подвержены неблагоприятным погодным условиям и коррозии. Так, благодаря влагоустойчивости они применяются для отделки бань, санузлов, ванных комнат, террасной доски и пр. Кроме того, ДПКТ используются для производства напольных покрытий, сайдинга, труб.

Первые промышленные древесно-полимерные композиты появились в США в начале 1990-х гг. В России производство получило распространение в середине 2000-х гг. В настоящее время их выпуском занимаются более 30 компаний в различных регионах страны. Наиболее известные: ЗАО «Средневолжский завод полимерных изделий» (г. Тольятти), завод Polimer Wood (г. Ульяновск), ООО «Композитные материалы» (г. Клин, Москов. обл.), ООО «В+2» (Волжский район, Республика Марий Эл), ООО «ВЭЭК» (г. Санкт-Петербург) и др.

[1] Экструзия (*лат*. extrusio – выталкиваю) – процесс получения различных материалов путем выдавливания густой массы через формирующее отверстие определенного размера.

4.8. Химическая и термическая переработка отходов лесной промышленности

Химическая и термическая переработка отходов лесопромышленности включает производство неорганических и органических продуктов с использованием в качестве источников сырья отходов лесозаготовки, лесопиления и другой механической обработки древесины. Отдельным продуктом термического воздействия на лесоотходы являются топливные пеллеты.

Гидролизное производство позволяет с помощью реакции осахаривания клетчатки древесины под действием серной кислоты при высокой температуре и давлении получать фурфурол ($C_5H_4O_2$), этиловый и метиловый спирты, сорбит[1], ксилит, кормовые дрожжи, белково-витаминные концентраты. Технологическая операция происходит в гидролиз-аппаратах, работающих по принципу автоклава. В конце реакции для нейтрализации остатков серной кислоты сахаристый раствор обрабатывают известью. В результате отстаивания и брожения сахаристый раствор превращается в этиловый спирт.

Суть **пиролизного производства** состоит в обугливании древесины без доступа воздуха («сухой перегонке»). При этом исходное сырье разлагается на простейшие составные части, из которых образуются новые вещества. В начальной стадии (170–270° С) выделяются пары воды, углекислый и угарный газы, а также метан. При дальнейшем прогревании (до 400° С) начинают образовываться пары древесного (метилового) спирта, уксусной кислоты и различные смолы. При их улавливании и конденсации получается темно-бурая жидкость с резким запахом – подсмольная вода. Она является полуфабрикатом, из которого можно выделить уксусную, пропионовую и масляную кислоты, метанол. Остаточным продуктом сухой перегонки является *древесный уголь*, который раньше был основным продуктом пиролиза, а ныне только побочным, так как стоимость получения полезных продуктов термического разложения древесины превышает стоимость угля.

Дубильно-экстрактовое производство вырабатывает дубильные вещества, необходимые в производстве кож и текстиля. Сырьем служат поленья, пни и корни дуба, каштана, реже – ивы. В качестве сырья используется также кора деревьев. Способ получения основан на экстраги-

[1] Фурфурол – бесцветная жидкость, применяемая в нефтяной промышленности, производстве химических волокон, пластмасс, клеевых веществ. Сорбит – спирт, использующийся в производстве аскорбиновой кислоты. Зарегистрирован как пищевая добавка Е420. Ксилит зарегистрирован в пищевой промышленности как добавка Е967 и используется в качестве подсластителя, стабилизатора и эмульгатора.

ровании сырья водой или спиртом, чистым эфиром или в смеси со спиртом и др. Полученные экстракты выпаривают и получаемые в остатке дубильные вещества очищают с помощью обработки теми или другими растворителями.

Среди наиболее известных дубильных веществ – танин, дубо-, эллагоген-, катехудубильная кислоты, маклурин.

Экстракцией из хвои и других растительных элементов извлекается целый ряд препаратов, применяемых в фармацевтике и парфюмерии[1]. Пионерные труды первооткрывателя этого направления Федора Тимофеевича Солодкого, его учеников и сподвижников позволили определить те компоненты, которые могут использоваться для лечебных целей. Особенно широкое применение эти препараты получили не в России, а в Австралии, где их успешно внедрили выходцы из бывшего СССР.

Канифольно-скипидарное производство осуществляется на основе перегонки с водяным паром живицы – янтарно-золотистой жидкости, вытекающей из свежего надреза хвойных деревьев (чаще всего сосны). Из живицы получают лучший скипидар, применяемый как растворитель лаков и красок, а также в медицине и ветеринарии (как составная часть мазей от ушибов и ревматизма), химической промышленности (для производства камфары).

Кроме живицы, скипидар и канифоль (применяется в мыловаренной, лакокрасочной, электротехнической промышленности) можно получить путем водяной или сухой перегонки частей древесины, обладающей большим количеством смоляных веществ, например сосновых пней.

Топливные пеллеты (гранулы) (от *англ.* pellets – окатыши) – естественное топливо, получаемое в процессе термической обработки отходов лесной промышленности, торфа или сельского хозяйства (рис. 4.20).

Рис. 4.20. Топливные пеллеты

[1] 100 лет со дня рождения Ф.Т. Солодкого // Медицинские ведомости. 2000. №6(26). Авг. URL: http://www.medcom.spb.ru/publ/info/459 (дата обращения: 24.07.2016); Экстракт ели обещает изменить жизнь пациентов с травмами головного мозга. URL: http://www.meddaily.ru/article/21Nov2011/elkaa (дата обращения: 24.07.2016).

Технология их получения была запатентована американским бизнесменом Рудольфом Буннерманом в 1947 г. Она достаточно проста и состоит из нескольких стадий:

а) сепарация (отделение от исходного сырья песка, земли и других примесей механическим способом, а также железных вещей методом магнитной сепарации);

б) дробление (превращение отходов в опилки на молотковом станке);

в) сушка в закрытом бункере, использующем газовые радиаторы в качестве источника тепла;

г) гранулирование в пресс-грануляторе, где воздействие пара высокой температуры приводит к превращению древесной муки в тесто. Склеивание происходит естественным способом с помощью лигнина и давления в 300 атм;

д) экструзия «теста» через матрицу и формовка гранул.

Топливные пеллеты имеют более высокую теплоту сгорания, чем обычные опилки и мелкие дрова, так как в них значительно больше углерода. При сжигании количество образуемого углекислого газа равно его поглощению во время роста растений, а выбросов окислов азота значительно меньше, что определяет экологичность этого топлива. По этой причине во многих странах Европейского Союза жилые помещения, оборудованные автономными системами теплоснабжения, используют именно топливные пеллеты для сжигания в котлах, печах или каминах.

5. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

5.1. Состав химических производств и технолого-географические особенности их размещения

Современная химическая промышленность, подобно машиностроению, отличается сильной диверсификацией (рис. 5.1). Она включает *горно-химическую промышленность* (добычу и первичное обогащение апатитов, фосфоритов, поваренной и калийных солей, природной серы, бариевых руд и др. минеральных удобрений), *основную химию* (производство кислот, щелочей, соды, минеральных удобрений), *нефте- и газохимическую промышленность (химию полимерного синтеза)*, состоящую из производства смол и пластмасс, синтетического каучука и резинотехнических изделий, синтетических нитей и волокон. Каждая из них делится в свою очередь еще на ряд подвидов. Из состава полимерной химии иногда в качестве отдельной отрасли выделяют *лакокрасочную промышленность*, так как сырьем для получения ее продукции могут являться вещества различного происхождения.

Рис. 5.1. Совокупность химических производств

В составе комплекса выделяется также *малотоннажная химия* (производство химреактивов, реагентов, катализаторов), *парфюмерно-косметическая промышленность, агрохимическое производство* (выпуск пестицидов и инсектицидов), *производство продуктов бытовой химии, химико-фармацевтическая* и *микробиологическая промышленность*. И хотя часть ее производств тесно связана с химической переработкой древесины (относится к лесохимическим производствам, см. гидролиз древесины), она также выпускает средства по борьбе сельскохозяйственных предприятий с насекомыми-вредителями.

В качестве отдельных видов деятельности, видимо, следует выделить *военную химию*, производящую вещества, имеющие военное назначение. К ним относятся взрывчатые вещества, в т.ч. химические составляющие боеприпасов, противогазовые материалы, дымовые вещества для маскировки, зажигательные и осветительные средства и горючие вещества.

Существует иной подход, позволяющий определить состав химической промышленности страны. Он основан на показателе степени глубины переработки изначального сырья: 1) производство полуфабрикатов (солей, серной и соляной кислот, щелоков); 2) базовые химические технологии (получение полимеров, минеральных удобрений, соды, минеральных удобрений, смолы и пластмассы); 3) технологии глубокой переработки (лаки, краски, шины, изделия из пластмассы, красители, лекарства и пр.); 4) технологии утилизации отходов химической промышленности (продукты бытовой химии, кислоты, красители и пр.).

Современная химическая технология, имея огромное преимущество перед механическими способами обработки веществ, позволяет [19, с. 170–171]:

– превращать в ценные промышленные продукты практически неограниченный круг сырья: а) химическое минеральное сырье; б) минеральное сырье, используемое также другими отраслями промышленности (известняки, гипсы и т.п.); в) минеральное топливо (нефть, газ, уголь, горючие сланцы); г) древесину и другое ценное сырье растительного происхождения; д) воду и воздух; е) сельскохозяйственное сырье; ж) продукты различных отраслей пищевой промышленности;

– вовлекать в оборот по мере развития технологий новые виды сырья, которые раньше сжигались (например, природные газы с целью получения аммиака, попутные нефтяные газы для производства синтетического каучука и т.д.) либо являлись отходами (коксовые газы для получения аммиака, сернистые газы – серной кислоты, хлорсодержащие остатки – для бытовой химии и т.д.);

– заменять дорогое и дефицитное сырье дешевым и распространенным (сельскохозяйственные и пищевые продукты – древесным или мине-

ральным). Например, использовать для производства синтетических волокон не древесину, а природный газ; для производства метилового и этилового спиртов не картофель, пшеницу или кукурузу, а углеводороды);

– получать различные химические продукты из одного и того же сырья. На этой основе комбинировать и кооперировать предприятия на небольшой территории, создавать территориально-производственные комплексы разной мощности. Например, использовать уголь для производства кокса, электро- и тепловой энергии, а также побочных продуктов – аммиака, синтетических красителей, синтетических волокон. Или производить один и тот же продукт из разных видов сырья (синтетический каучук из пищевого сырья, древесины, угля, природного газа, попутных нефтяных газов, углеводородов при нефтепереработке и т.д.).

Для химической промышленности характерны следующие технолого-географические особенности:

– химическая индустрия принадлежит к весьма емким потребителям сырья. В отдельных производствах доля сырья в себестоимости готовой продукции колеблется в пределах 40–90% (табл. 5.1). В одних случаях (синтетические волокна) это объясняется его ценностью, в других (производство капролактама, ацетилена на базе карбида кальция и т.п.) – высокими нормами расхода, в-третьих, невозможностью дальних перевозок (многие виды кислот). В связи с этим многие предприятия химической промышленности ориентируются на сырьевой фактор (месторождения или источники производственных отходов), в т.ч. производство соды, калийных минеральных удобрений, синтетических нитей и волокон, серной кислоты и пр.;

Таблица 5.1

Структура затрат на производство отдельных видов химических продуктов[1]

Статьи затрат / виды химической деятельности	Горно-химическая	Производство			В целом по промышленности
		химических волокон	основного химического синтеза	лакокрасочной продукции	
Затраты на сырьё и вспомогательные материалы	22,7	59,6	61,6	90,1	63,0

[1] Химическая промышленность России. URL: https://ru.wiki2.org/wiki/Химическая_промышленность (дата обращения: 26.07.2016).

Окончание табл. 5.1

Статьи затрат / виды химической деятельности	Горно-химическая	Производство			В целом по промышленности
		химических волокон	основного химического синтеза	лакокрасочной продукции	
Топливо и энергоресурсы	18,1	10,4	8,7	1,7	11,1
Амортизация ОПФ	18,8	9,9	9,5	1,6	13,0
Зарплата с отчислениями	35,4	15,2	16,0	5,3	11,1
Прочие	5,0	4,9	4,2	1,3	1,8

– химические виды промышленной деятельности потребляют значительное количество воды не только для вспомогательных целей, но и в качестве сырья. Нормы расхода воды на 1т готовой продукции в химии колеблются от 50 $м^3$ при производстве хлора и каустической соды до 6 тыс. $м^3$ при производстве синтетических волокон;

– требуется также значительное количество топлива и энергии. Повышенной электроемкостью характеризуются получение синтетического каучука, производство хлора и его производных путем электролиза соляного раствора;

– фактор выгодного транспортно-географического положения играет значимую роль в размещении предприятий полимерного синтеза Центральной России и Среднего Поволжья, так как обеспечивает высокую степень необходимой кооперации между производствами;

– потребительский фактор имеет большее значение для производства азотных и фосфорных удобрений, некоторых кислот, а также бытовой химии, парфюмерно-косметической промышленности, производства лаков и красок, масел и синтетических охлаждающих жидкостей, наиболее распространенных видов лекарственных препаратов;

– в связи с высокой наукоёмкостью отдельных химических производств, являющихся одними из столпов современных технологических укладов, а также НТР, многие предприятия полимерной, малотоннажной химии, фармацевтики, а также производства химикатов специального назначения для электроники, ядохимикатов ориентируются на наличие соответствующей научной базы и размещаются в крупных и крупнейших городах. Здесь они кооперируются с производством специального оборудования, подготовкой кадров соответствующей квалификации.

Высокая инновационность должна быть обязательным элементом большинства химических предприятий. Без этого невозможно развитие технологий комплексной утилизации химического сырья.

5.2. Роль химических производств в экономике России

Химические производства относятся к базовым видам промышленной деятельности, получившим распространение в России. Технологическими и сбытовыми связями химический комплекс объединен со всеми другими видами экономической деятельности страны. От его состояния и развития зависит уровень национальной конкурентоспособности и темпы роста экономики России в целом. Кроме того, он обеспечивает значимую долю (до 30%) экспорта продуктов из России (преимущественно продукты с несложным переделом сырья: минеральные удобрения, первичные смолы).

Состав химического комплекса России представлен на рис. 5.2. Его анализ указывает на преобладание в комплексе производства сырьеемких продуктов с недостаточно высокой добавленной стоимостью (удобрения и азотистые соединения, синтетический каучук, синтетические смолы и первичные пластмассы). Относительно высокая доля парфюмерно-косметической и фармацевтической промышленности, считающихся наукоемкими, определяется распространением производства мыла, чистящих и полирующих средств, а также несложных лекарственных форм).

Рис. 5.2. Удельный вес отдельных видов химических производств в химическом комплексе страны, 2012 г., % (по данным Росстата) [4]

В структуре промышленного комплекса страны химическая индустрия также играет важную роль, так как занимает более 6% в структуре объема отгруженных товаров собственного производства РФ и обеспечивает работой около 5% экономически активного населения (табл. 5.2).

Эта цифра не может считаться окончательной, так как в таблице не учтены данные добычи горно-химического минерального сырья. Предварительные расчеты показывают, что стоимостная доля горной химии в объеме отгруженных товаров собственного производства по всем промышленным видам деятельности в стране приближается к 10%. В связи с этим можно утверждать, что и добывающая, и обрабатывающая части химического комплекса обеспечивают до 15–17% валовой стоимости промышленных продуктов России.

Таблица 5.2

Некоторые показатели развития химических производств в составе промышленного комплекса России в 2013 г.*

Вид экономической деятельности	Общее количество организаций, ед. / в % от российского показателя	Объем отгруженных товаров и выполненных работ и услуг, млрд руб. / в % от российского показателя	Среднегодовая численность занятых, тыс. чел. / в % от российского показателя
Добыча горно-химического сырья, включая минеральные соли (2011)	н.д.	3861,0	2,1
Химическое производство	14310 / 4,6	1886,2 / 4,6	390,2 / 3,0
Производство изделий из пластмассы и резины	20741 / 6,6	670,4 / 1,6	247,3 / 1,9
Продукты химико-фармацевтической промышленности (2011)	н.д.	185,0	60,2
Всего по промышленному комплексу страны	***312047 / 100***	***41373 / 100***	***13076 / 100***

* Составлено по стат. сб. «Промышленность России – 2013» (М., 2014), «Социально-экономические показатели Российской Федерации в 1991 – 2014 гг.» (приложение к «Российскому статистическому ежегоднику»).

Еще более значимая ситуация в регионах – субъектах РФ, где химическая промышленность является специализированной. К ним могут быть отнесены республики Татарстан и Башкортостан, Пермский и Ставропольский края, Самарская, Томская, Тульская и Ярославская области и др. Здесь удельный вес химических производств в структуре обрабатывающей промышленности достигает 20–30% и более. Таким образом, можно заключить, что данный вид деятельности имеет комплексо- и районообразующее значение в отдельных частях страны.

Как и в целом по стране основными игроками на рынке химической промышленности являются представители крупного бизнеса: холдинги, финансово-промышленные группы и акционерные компании (прил. 5.1). Они объединяют в основном два направления: нефте- и газохимия, а также производство минеральных удобрений. Именно эти отрасли имеют самую высокую экспортную составляющую в настоящее время.

Химическая промышленность является инвестиционно привлекательным видом деятельности, что подтверждается данными об увеличении производства ее продуктов как в России, так и в мире. Росту популярности химической индустрии в будущем будут способствовать следующие причины [4]:

а) увеличение потребления химических продуктов как населением, так и другими видами экономической деятельности. Ожидается, что удельное потребление полимеров возрастет с 61 долл./чел. в 2013 г. до 128 в 2030 г.;

б) продолжающаяся химизация сельского хозяйства. Без внесения удобрений почвы Земли в состоянии прокормить только 2,5–3 млрд жителей. Как известно, численность населения планеты приближается к 8 млрд;

в) развитие композитных производств на основе соединения химических технологий с металлургическими, лесообрабатывающими, керамическими, другими технологиями в строительном комплексе;

г) рост производства и увеличение популярности высокотехнологических продуктов, в т.ч. парфюмерно-косметических, фармацевтических, химреагентов, присадок, ингибиторов, катализаторов и пр.;

д) увеличение культуры потребления и использования продуктов, сделанных из возобновляемого сырья, а также экологически безопасной продукции.

В то же время в химическом комплексе России существует большое количество проблем, среди которых:

– отставание по уровню развития производств и потребления продукции отрасли. Так, в Японии показатель выработки химической продукции на 1 работника практически в 7 раз превышает аналогичный российский показатель. Можно говорить о недостаточной химизации отечественных отраслей – потребителей продукции химической продукции. Это отражается и на доли, которую формирует химиндустрия в стоимости ВВП страны (рис. 5.3) [4];

– низкий уровень развития внутреннего рынка химических производств и, наоборот, чрезмерная ориентация на внешние рынки. В 2012 г. производство минеральных удобрений в России составило 17,8 млн т (рис. 5.4). Из этого объема только 3,5 млн было потреблено в стране, а

14,4 (81%) отправлено на экспорт. Особенно выделяется производство калийных удобрений, вывозная составляющего которого составляет 92%.

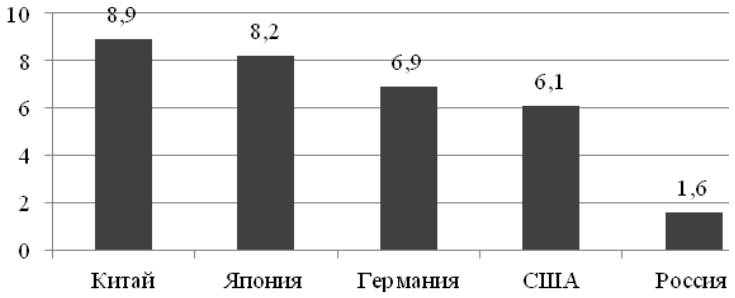


Рис. 5.3. Доля химических производств в общей стоимости ВВП стран, 2012 г., %

При этом существует большое количество рисков, связанных с увеличивающейся конкуренцией со стороны стремительно развивающихся химических держав Ближнего Востока, Восточной и Южной Азии, отличающихся массовостью производимых продуктов и их относительной дешевизной. В итоге это может привести к потере Россией отдельных потребителей ее продукции и, как следствие, закрытию отдельных производств;

– распространение в России химических производств с низким или средним технологическим переделом сырья. Так, по добыче углеводородов страна занимает 1–2-е место в мире, а по производству готовых изделий из пластмасс Россия находится в глубине второй десятки государств. Сложившаяся ситуация связана с отсутствием достаточного опыта в производстве наукоемких химических переделов, сложностью проникновения на мировые рынки лакокрасочной продукции, фармацевтики и пр., зависимостью российских наукоемких производств от иностранного сырья, слабым развитием внутреннего рынка химпроизводств, недостаточной научной поддержкой предприятий и неразвитостью научных аутсорсинговых химических лабораторий, преобладанием крупного капитала в отрасли и недостаточное представительство малого и среднего бизнеса;

– высокий уровень материального износа производственных фондов ряда производств, уменьшающий возможности увеличения производительности труда на предприятиях. Так, степень износа основных фондов по группе «Химическое производство» на конец 2013 г. составляла 45,3%, а по группе «Производство изделий из пластмассы и резины» – 43,1% [30, с. 98]. В то же время коэффициент обновления составлял 13 и 15% соответственно. Это означает, что амортизационная проблема будет

усугубляться и далее, так как капитальные затраты на обновление производств и строительство новых химических предприятий достаточно велики. Например, в добыче горно-химического сырья, производстве большинства полимеров затраты на амортизационные отчисления составляют до 10% стоимости готовой продукции (табл. 5.1);

– недостаточное развитие систем контроля качества химической продукции; недостаточная экологичность производств.

Данные проблемы носят комплексный характер. Их решение позволит химическому комплексу России стать менее зависимым от внешних рынков, а также утвердиться как одному из столпов российской промышленности. Кроме того, развитие химических технологий может позитивно повлиять на реализацию плана модернизации всей экономики страны через развитие наукоемких видов деятельности, комплексную утилизацию сырья и отходов множества производств.

5.3. Производство продуктов основной химии

Технологии производства продуктов основной химии связаны с реализацией следующих энергопроизводственных циклов (ЭПЦ):

– *горно-химического* (производство калийных и фосфорных удобрений, соли магния, серной кислоты из самородной серы, содовое производство) (прил. 5.2);

– *пирометаллургического цикла черных металлов* (производство азотистых соединений на основе выделения водорода из коксового газа) (прил. 2.3);

– *газоэнергохимического цикла* (производство азотистых соединений на основе выделения водорода из природного или попутного газа) (прил. 1.9);

– *пирометаллургического цикла цветных металлов* (производство серной кислоты на основе переработки отходов производства цветных металлов) (прил. 2.5).

5.3.1. Производство минеральных удобрений

Каркасом основной химии является промышленность минеральных удобрений, с развитием которой связаны интенсификация сельского хозяйства и реализация технологий «зеленой революции». Она делится на производство калийных, азотных (включая производство полуфабрикатов с содержанием азота и сопутствующих продуктов) и фосфатных удобрений. Однако в настоящее время основное внимание в производстве уделяется выпуску концентрированных (карбамид, двойной суперфосфат) и

сложных (комбинированных) удобрений с содержанием питательных веществ не ниже 40%.

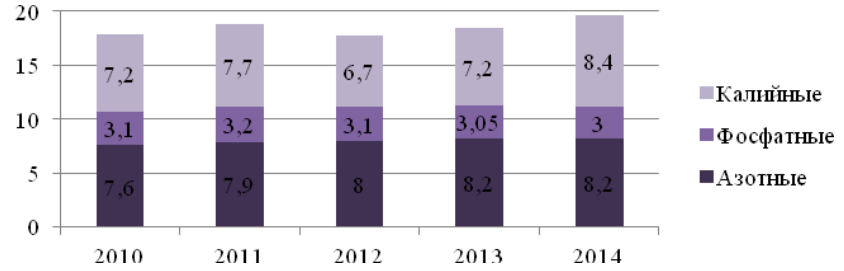


Рис. 5.4. Динамика производства минеральных удобрений в России в 2010–2014 гг., млн т в пересчете на 100% питательных веществ (по данным Росстата)

Использование *калийных удобрений* необходимо, так как в отличие от азота и фосфора калий не входит в органический состав растений, хотя и обеспечивает их устойчивый рост, повышает урожайность культур и усиливает их иммунитет.

Россия является одним из мировых лидеров в производстве хлористого калия, наряду с Канадой, Белоруссией, Китаем и Германией. Основной бассейн по добыче солей расположен в Пермском крае (Верхнекамское месторождение). Оно разрабатывается ПАО «Уралкалий» (г.Березники и Соликамск) и EuroChem Group AG (ООО «ЕвроХим – Усольский калийный комбинат», г. Усолье). Планируется к освоению Талицкий участок, разработкой которого будет заниматься ЗАО «Верхнекамская калийная компания» (группа ПАО «Акрон»).

Калийная промышленность приурочена исключительно к местам добычи калийного сырья, среди которого наиболее выделяется сильвинитовая руда, содержащая KCl и NaCl. Сильвинитовые руды в таком соединении не могут быть использованы в производстве калийных удобрений, так как содержание калия в них не более 30%. Они требуют обогащения. Получение концентрированных удобрений из руды происходит двумя способами: 1) механическим (флотационным); 2) химическим (галургическим).

Первый способ заключается в следующих последовательных стадиях: руды из шахт поступают в бункера, а оттуда на грохоты (механические сита), где разделяются на просеянные фракции (диаметром <10 мм) и непросеянные. Последняя отправляется на дробление. Мелкие продукты поступают с грохотов дальше в мельницы, где измельчаются в присутствии маточного соляного раствора. Размолотый сильвинит обрабатывается флотореагентом, который выборочно действует на частицы хлори-

стого калия и делает их не смачиваемыми водой. Во флотационных машинах при пропускании воздуха через пульпу[1] частицы хлористого калия поднимаются на поверхность и таким образом отделяются от хлористого натрия, который имеет чистоту до 98% и может быть использован при производстве соды и хлора.

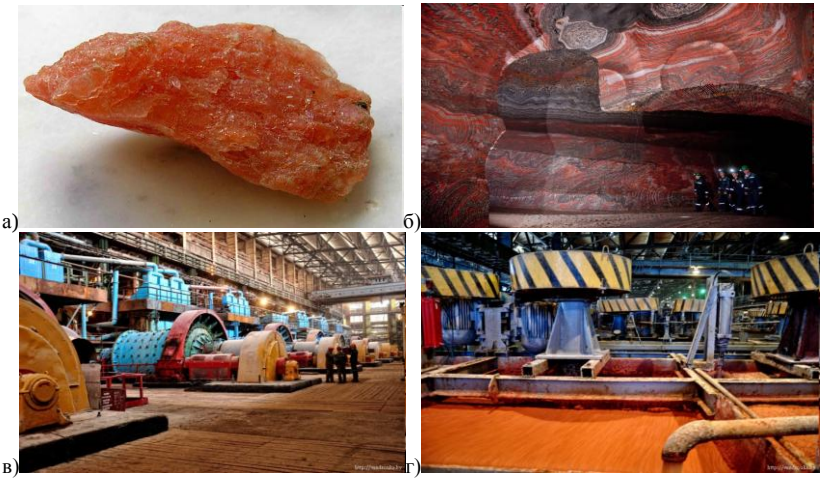


Рис. 5.5. Основное сырье и оборудование для производства калийных удобрений: а – сильвинит; б – внутри шахты ПАО «Уралкалий»; в – механическая дробилка руды; г – грохоты и бассейн для заполнения маточного соляного раствора

Химический способ основан на разнице растворимости солей натрия и калия при нагревании раствора. Добытый сильвинит размалывается и поступает на химическую фабрику. При нагревании маточного соляного раствора способность растворяться у натриевых солей много меньше, чем у калийных (табл. 5.4). При охлаждении раствора хлористый калий кристаллизируется и выпадает в осадок. После охлаждения маточного раствора с помощью центрифуг хлористый калий отделяется. Этот процесс повторяется многократно.

Чтобы удобрения после производства не представляли собой кашеобразную массу, их гранулируют с помощью центрифуг при кручении.

Галургический способ по сравнению с флотационным имеет следующие недостатки: 1) требует больших энергетических затрат; 2) связан с коррозией аппаратуры в горячих растворах. Достоинство флотационного способа заключается и в том, что он протекает без затрат пара (отсут-

[1] Пульпа – смесь воды и руды.

ствует необходимость в строительстве отдельной ТЭЦ). Однако в стоимости готовой продукции около 30% приходится на стоимость флотореагентов. Кроме того, даже его ничтожно малые доли, попадая в отходы, делают их токсичными и непригодными к утилизации. Тем не менее себестоимость его меньше, а качество калийных удобрений выше.

Таблица 5.4

Связь между температурой и растворимостью хлоридов натрия и калия*

Температура, °С	Растворимость солей, г/л	
	NaCl	KCl
30	287	171
50	277	270
70	268	273
90	261	329
110	**253**	**390**

* Использованы материалы из учеб. пособия А.Ф. Куракина (1981) [9].

Внесение *фосфорных удобрений* в почву обусловлено тем, что фосфор контролирует постоянные обменные процессы, является источником жизненной энергии растений. Он входит в состав ДНК и РНК, а следовательно, влияет на все жизненные процессы культур и их урожайность. Качество фосфорных удобрений зависит от содержания в них фосфорного ангидрида (P_2O_5), сырьем для получения которого являются фосфориты ($Ca_3(PO_4)_2$*$CaCO_3$*$Ca(OH,F)_2$) и апатиты ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH,F,Cl)_2$).

Россия наряду с США, Китаем, Марокко и Иорданией входит в число мировых лидеров по добыче фосфатного сырья (2,5% мировых запасов)[1]. Наиболее распространены в мире фосфориты. В РФ – обратная ситуация. Большая доля российского сырья – это апатиты и апатито-нефелиновые руды. Крупнейшие в мире запасы (без вредных примесей мышьяка и сурьмы) сосредоточены в Мурманской области (Хибинская группа месторождений). Разработкой последних занимаются АО «Апатит», входящее в группу предприятий ОАО «ФосАгро», ЗАО «Северо-Западная фосфорная компания» (группа ПАО «Акрон») (г. Кировск, Апатиты). Ковдорское месторожденит осваивается АО «ОХК “Уралхим”».

Фосфоритовое сырье представлено конкреционными рудами Прибалтийского бассейна, Вятско-Камского (Кировская обл.), Егорьевского (Московская обл.) и Полпинского (Брянская обл.) месторождений. Большинство из них не разрабатываются. Исключение составляет Кингисепп-

[1] Фосфаты: отчет информационно-аналитического центра «Минерал» за 2012 г. URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/548/3_23_p.pdf

ское месторождение в Ленинградской области, которое частично осваивается ООО «Промышленная группа “Фосфорит”».

Фосфориты являются источником получения ***фосфоритной муки***, которая представляет собой тонкий помол сырья. Она является естественным минеральным удобрением, частично растворяется в воде и в таком виде усваивается растениями, особенно теми, что растут на кислых (подзолистых и дерново-подзолистых) почвах. Ее преимуществом является экологическая безвредность и относительно низкая себестоимость добычи. В то же время фосфоритная мука имеет длительное или «оттянутое» воздействие на растения, что снижает возможности выращивания урожая, и относительно высокую себестоимость транспортировки.

Необогащенное апатитовое сырье не может быть использовано в качестве минерального удобрения, так как фосфор в них находится в неусваемом для растений состоянии. Для производства суперфосфата (фосфорного удобрения) осуществляют следующую химическую реакцию:

$$3Ca_3(PO_4)_2 * CaF_2 + 7H_2SO_4 = 3Ca(H_2PO_4)_2 + 7CaSO_4 + 2HF.$$

Обработка апатитового концентрата 62–70%-ной серной кислотой происходит в котлах-смесителях непрерывного действия. В результате реакции получаются суперфосфат, частично непрореагировавший апатит, гипс и фтористый водород, который опасен для дыхания человека, а поэтому должен быть обязательно уловлен. Утилизация последнего позволяет производить фреоны (хладоны), криолит (электролит в производстве чистого алюминия), фторопласты, фтористые соединения урана, плавиковую кислоту для травления силикатного стекла и пр. Для того чтобы разложился непрореагировавший компонент, его вылёживают на складе (стадия дозревания).

В результате того, что усвоение полезных компонентов в суперфосфате растениями составляет не более 20% (от общего объема удобрения) первоначально фосфорные заводы строились вблизи мест потребления продукции (Воскресенск, Дорогобуж, Брянск). В настоящее время география производства не изменилась, включая, кроме потребительского фактора, ориентацию на источники сырья (Кингисепп). Очень важна выгодность транспортно-географического положения (Череповец, Белореченск, Великий Новгород).

Изменения в размещении производств связаны с совершенствованием технологий (производством двойного суперфосфата), а также производством сложносоставных азотно-фосфорных удобрений (аммофос, диаммофос и др.).

Получение *двойного суперфосфата* происходит в результате воздействия на фосфат кальция 70–80%-ной ортофосфорной кислотой в

присутствии воды при температуре 70–90° С. Процесс протекает по следующей формуле:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 + 3H_2O = 3[Ca(H_2PO_4)_2 * H_2O].$$

Фосфорная кислота может быть получена здесь же в результате реакции взаимодействия фосфата кальция и серной кислоты экстракционным способом либо с помощью электротермической возгонки фосфора из фосфатного сырья. Второй способ является более экологически чистым.

Большое усвоение двойного суперфосфата связано с тем, что в его составе нет гипса. Это удобрение быстрее усваивается растениями. Кроме того, способ его получения менее вреден для здоровья человека в результате меньшего использования серной кислоты и отсутствия в реакции паров хлор-водорода.

Аммофос (дигидроортофосфат аммония, $NH_4H_2PO_4$) – концентрированное азотно-фосфорное комплексное удобрение, хорошо усвояемое растениями. Недостаток удобрения состоит в том, что в нем содержится значительно меньше азота, чем фосфора, хотя их внесение необходимо в одинаковых дозах. Одна тонна аммофоса заменяет не менее 2,5 т простого суперфосфата и только 0,35 т аммиачной селитры. Получают нейтрализацией фосфорной кислоты аммиаком:

$$2H_3PO_4 + 3NH_3 = NH_4H_2PO_4 + (NH_4)_2HPO_4.$$

Чаще всего используется для внесения в кислые почвы, так как фосфор относится к труднорастворимым веществам и его усвоение возможно только в кислой среде.

Производство соединений, содержащих азот, и *азотных удобрений* отличается большим разнообразием исходного сырья и технологических методов получения готовой продукции. В их совокупность входит получение аммиака, аммиачной селитры (наиболее распространенный вид азотных удобрений) и азотной кислоты. Природный источник азота – чилийская селитра ($NaNO_3$). Сырьем для синтеза аммиака в промышленности являются воздух (извлечение азота), вода или природный газ (извлечение водорода). В прошлом использовался также коксовый газ. Поэтому предприятия по получении азотных удобрений могут располагаться как в местах потребления (Россошь, Невинномысск), так и на магистральных газопроводах (Великий Новгород, Тольятти, Пермь). В старых центрах угледобычи, коксохимии и черной металлургии (Череповец, Новокузнецк) ныне в качестве также сырья используется природный газ.

Аммиак (NH_3) – один из важнейших продуктов химической промышленности. Он используется при производстве азотных удобрений,

взрывчатых веществ, карбамида, полимеров и азотной кислоты, а также в медицине и в качестве хладогента в холодильном оборудовании. Россия производит около 10% мирового объема аммиака, при этом 25% продукции экспортируется, что составляет около 16% мирового экспорта[1].

Описание синтеза аммиака надо начать с подготовки сырья. Азот получают методом разгонки жидкого воздуха. Для этого воздух сильно охлаждают и сжимают, превращая его в жидкость. При атмосферном давлении жидкий азот кипит при температуре - –196° С, а кислород уже при –183°С. В результате реакции сжижения последним конденсирует азот. Поддерживая определенную температуру, можно заставить остальные газы оставаться в жидком состоянии, а азот улавливать в газообразном.

Наиболее распространенным и прогрессивным способом в настоящее время считается получение водорода из природного или попутного нефтяного газа. Расход этого сырья на получение 1 т аммиака составляет всего 400 $м^3$, тогда как коксового газа требуется более 1,5 тыс. $м^3$. Технологически операция называется окисление содержащегося метана водяным паром с последующей конверсией образующегося угарного газа. Химически это выглядит следующим образом:

$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2\uparrow.$$

Дальнейший синтез аммиака осуществляется в специальных колоннах при давлении от 100 до 1000 атм и температуре 450° С и выше, а также в присутствии катализаторов (*восстановленное железо, активированное оксидами калия, алюминия и др.*). Только в таких условиях из газовой смеси можно получить как можно больше аммиака (рис. 5.6, 5.7). Синтезаторы охлаждаются холодной водой, поэтому азотные производства располагаются вблизи крупных водохранилищ.

Рис. 5.6. Стадии синтеза аммиака

[1] Экономика России. Цифры. Факты. Глава 9. Химическая промышленность. URL: http://utmagazine.ru/posts/10562-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-9-himicheskaya-promyshlennost (дата обращения: 26.07.2016).

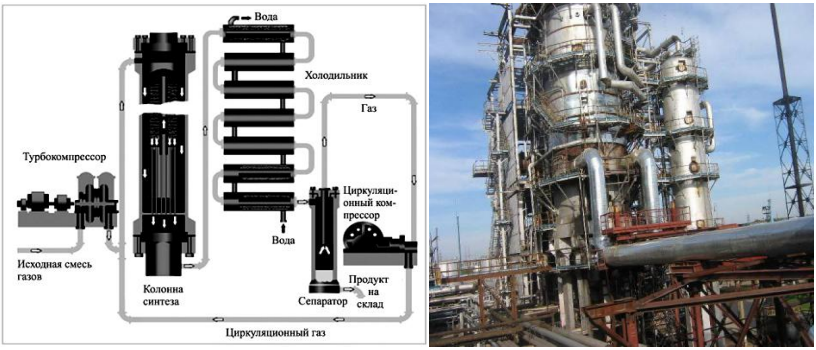


Рис. 5.7. Схема синтеза аммиака и колонна для синтеза на промышленной площадке ОАО «Тольяттиазот»[1]

Полученный азот частично идет на производство азотной кислоты, которая, воздействуя на аммиак, образует *аммиачную селитру:*

$$HNO_3 + NH_3 = NH_4NO_3.$$

Образованный нитрат аммония упаривают и кристаллизируют. Помимо аммиачной селитры, могут быть получены и иные виды азотных минеральных удобрений, например, нитратные, в которых азот содержится в окисленной форме (калийная селитра) или амидные (карбамид, или мочевина).

Калийная селитра (KNO_3) относится к категории сложных удобрений, легко усваиваемых растениями. Она содержит в себе два жизненно необходимых элемента, которые по отдельности блокируют усвоение друг друга. Получают в промышленных масштабах в ходе обменной реакции:

$$KCl + NaNO_3 = KNO_3 + NaCl.$$

Увеличение производства *карбамида*, или диамида угольной кислоты – $CO(NH_2)_2$, в последние годы связано с его широким использованием в различных видах промышленной деятельности. Большая часть произведенного в настоящее время карбамида используется как минеральное удобрение, а также в медицине для приготовления противоопухолевых препаратов, для производства карбамидоформальдегидных смол, приме-

[1] *Панова А.Г.* Производство аммиака. Урок-путешествие // География. 2008. №11. С. 9–12.

няемых в производстве ДВП, ДСП, древесно-полимерных пластиков и пенопласта.

Промышленная технология получения мочевины основана на смешивании аммиака и углекислого газа при температуре 130–140° С и под давлением в 200 атм (реакция Базарова):

$$NH_3 + CO_2 = CO(NH_2)_2 + H_2O.$$

Обычно она осуществляется на тех же предприятиях, на которых производят аммиак и азотные удобрения. Побочным продуктом в процессе производства карбамида является *меламин* ($C_3H_6N_6$).

5.3.2. Производство соды

Сода является одним из наиболее популярных химических продуктов, имеющих широкое применение в химической, текстильной, пищевой промышленности, строительной индустрии, а также в цветной металлургии. Различают три вида соды:

а) кальцинированная (техническая, карбонат натрия, Na_2CO_3), необходимая при производстве стекла, глинозема, стиральных порошков и чистящих средств, а также в мыловарении;

б) каустическая (едкий натр, NaOH), использующаяся в целлюлозно-бумажной промышленности (для делигнификации целлюлозы), текстильной промышленности (для мерсеризации хлопка и шерсти), для омыления жиров в производстве мыла и шампуней, как нейтрализатор кислот, для изготовления биодизельного топлива (из растительных продуктов), в приготовлении пищи (для очистки овощей и фруктов, производстве напитков, какао-порошка, окрашивания карамели и пр.);

в) пищевая сода (гидрокарбонат натрия, $NaHCO_3$), используемая в производстве красителей, фтористых реактивов, пенопластов, наполнителей в огнетушителях; в легкой промышленности – в производстве подошвенных резин и искусственных кож, отделки шелковых и хлопчатобумажных тканей; в кулинарии и пищевой промышленности.

Наиболее распространенный *аммиачный способ* производства ***кальцинированной соды*** изобретен бельгийским инженером Эрнестом Сольве (1838–1922) в 1861 г. Основным сырьем для него является поваренная соль (хлористый натрий) NaCl, а также аммиак и известняк ($CaCO_3$). Сущность этого способа состоит в том, что раствор хлористого натрия насыщают аммиаком и углекислым газом. В результате реакции образуется бикарбонат натрия, который в конце технологического процесса прокаливают (подвергают действию высокой температуры, т.е. сильно нагревают) с образованием кальцинированной соды, воды и углекислого

газа (рис. 5.8). Технологическая схема производства является относительно замкнутой. Единственным отходом этого процесса является образования хлористого кальция ($CaCl_2$), который не имеет широкого применения в промышленности, кроме как противообледеняющая смесь. В то же время содовые заводы России оказывают значительное влияние на загрязнение поверхностных вод и загрязнение атмосферы углекистым газом.

Ориентация предприятий, производящих кальцинированную соду, связана с месторождениями поваренных солей и известняков (как наиболее затратного сырья). Крупнейшим производителем соды в России и Европе является ОАО «Башкирская содовая компания», которая кроме завода в Стерлитамаке владеет АО «Березниковский содовый завод». На собственную сырьевую базу (соляные растворы Перекопских озер и оз. Сиваш) опирается ПАО «Крымский содовый завод» (Красноперекопск). Иногда производство ориентируется на глиноземные заводы, где сода производится как полезный побочный продут (ОАО «РУСАЛ Ачинский глиноземный завод» и ЗАО «Пикалевская сода»).

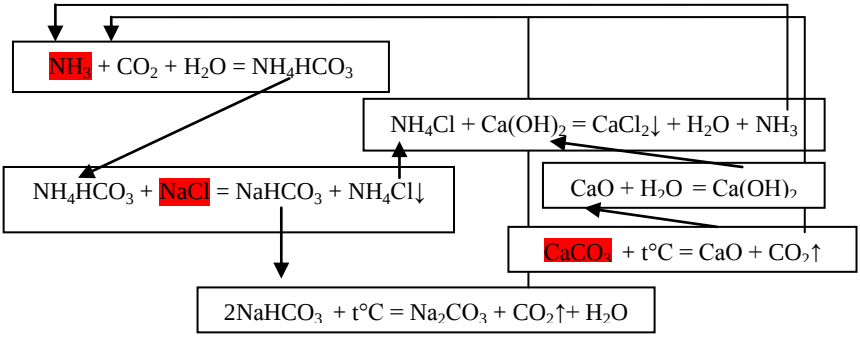


Рис. 5.8. Химические реакции, протекающие в ходе способа Сольве
(сплошной заливкой обозначены исходные сырьевые продукты)

В процессе производства кальцинированной соды осуществляется производство и ***пищевой соды*** ($NaHCO_3$), поэтому их размещение совпадает. Единственными предприятиями, производящими этот вид соды в России, являются ОАО «Башкирская содовая компания» и ПАО «Крымский содовый завод».

Существует множество способов производства ***каустической соды***. Однако в настоящее время химические способы (в т.ч. известковый) вытеснены электрохимическим (рис. 5.9). Он основан на процессе электролиза водного раствора поваренной соли (галита), в результате чего получаются гидроксид натрия (сода), хлор и водород:

$$2NaCl + 2H_2O = 2\ NaOH + Cl_2\uparrow + H_2\uparrow.$$

Процесс протекает в специальной ванне – электролизере, анодное и катодное пространства которого разделены непроницаемой для анионов мембраной (поэтому метод еще называется мембранным). В анодное пространство поступает поток раствора соли, а в катодное – вода; в результате электролитической реакции из первого выходит поток гипохлорита и хлор-ионов, а из второго – гидроксида натрия и водорода. Хлор и водород улавливаются при выходе из электролизера, а едкий натрий собирается на дне катодного отделения. Он содержит минимальное количество примесей и фактически пригоден для продажи. Данный способ в настоящее время является наиболее энергоэффективным, но достаточно сложен в процессе эксплуатации из-за наличия непроницаемых мембран.

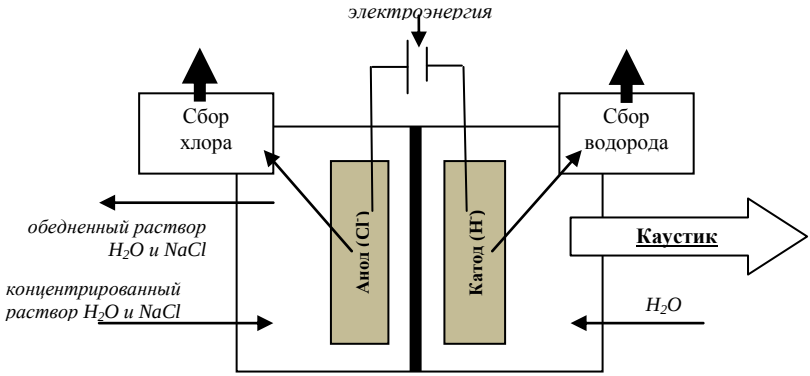


Рис. 5.9. Производство каустической соды электрохимическим способом

Образующийся в процессе *газообразный хлор* малотранспортабелен, а поэтому производство продуктов на его основе совмещено с производством каустика. Хлор имеет широкое применение в промышленности. Он нужен в производстве синтетических каучуков, пластмасс (поливинилхлорида), химических волокон (производство одежды, обуви, линолеума, грампластинок, деталей приборов, стройматериалов и пр.), отбеливателей, ядохимикатов, органических растворителей, для обезвреживания питьевой воды, в сельском хозяйстве (для производства инсектицидов), в цветной металлургии (для производства рафинированного титана, олова, тантала, ниобия) и пр.

Размещение электрохимических заводов, производящих каустик, а также хлорсодержащие вещества, определяется месторождениями поваренной соли, наличием дешевых источников электроэнергии и воды. Основными производителями каустической соды в настоящее время явля-

ются ОАО «Каустик» (Волгоград), «Башкирская содовая компания» (Стерлитамак), ООО «РусВинил» (Кстово), а хлорной продукции на основе содового производства, кроме уже указанных предприятий, – ОАО «Саянскхимпласт», ПАО «Химпром» (Новочебоксарск), ВОАО «Химпром» (Волгоград). Уникальным и первым по внедрению электрохимических способов производства соды и хлора являлось ООО «Усольехимпром» (г. Усолье-Сибирское), которое ныне не функционирует.

5.4. Технологии химии полимерного синтеза

Полимерный, или органический синтез включает производство широкого набора химических продуктов на основе переработки мономеров (этилена, пропилена, бутилена, ацетилена, бензола, толуола, ксилола и др.), полученных из сырья органического происхождения, в т.ч.:

– полупродуктов (фенола, анилина, метанола, формальдегида, бутадиена, стирола, этанола и пр.);

– сложных синтетических полимеров (синтетических смол и пластмасс, каучука, полистирола, волокон, красителей, поверхностно-активных моющих средств, масел и присадок и т.д.).

Химия полимерного синтеза отличается многостадийностью технологического процесса, что определяет некоторые особенности размещения ее предприятий. Многие центры полимерного синтеза в настоящее время ориентируются на сырьевые базы (наличие собственных месторождений углеводородов, каменного угля, древесины) Урало-Поволжья, юга Западной Сибири, другие – на магистральные нефте- и газопроводы (Центральная Россия, Среднее и Нижнее Поволжье, Западный Урал, Восточная Сибирь). Технологическим продолжением химии полимерного синтеза является производство готовых изделий из пластмасс, синтетического каучука и резины, а также строительных материалов, композитов. Предприятия этих видов деятельности размещаются в плотнонаселенных районах, отличающихся высоким уровнем потребления их продукции. Кроме того, многие виды химии органического синтеза малотранспортабельны. Важное значение для производства сложных полимеров и готовых изделий из них имеет фактор теплоемкости, а иногда и энергоемкости.

Основным сырьем для производства сложных органических соединений в настоящее время служат углеводороды (нефть, природный, попутный нефтяной и сланцевый газ). В меньшей степени – каменный уголь. Сегодня не используются в качестве сырья древесина и сельскохозяйственные продукты (пшеница, картофель, кукуруза и пр.) в связи с их относительной дороговизной и высокой ценностью.

В связи с этим основные технологии химии органического синтеза осуществляются на основе нефтеэнергохимического (прил. 1.4), газоэнергохимического (прил. 1.9) и углеэнергопромышленного циклов, а также целлюлозно-бумажного подцикла лесопромышленного ЭПЦ (производство искусственных химволокон).

5.4.1. Технологии производства химических волокон и нитей

Химические волокна – текстильные и иные волокна, получаемые из природных и синтетических органических полимеров, а также неорганических соединений. Классифицируются на искусственные и синтетические.

Искусственные волокна получают на основе природных полимеров (в основном целлюлозы). Различают ацетатные и вискозные искусственные волокна.

Синтетические волокна получают на основе переработки синтетических смол, сырьем для которых служат углеводороды. К этой группе относятся капрон, лавсан, нейлон, лайкра и пр.

Производство химических волокон является самым старым видом химии органического синтеза. Первые волокна на основе природного сырья были получены в г. Безансоне (Франция) еще в конце XIX в. До середины XX в. основные направления развития отрасли были связаны с совершенствованием технологий получения ацетатных и вискозных волокон. После начала современной НТР массовое развитие получило производство химических волокон из углеводородного сырья. За 1970–1990-е гг. их производство в мире и в СССР увеличилось в 8 раз по отношению к 1960-м гг. Были созданы волокна с принципиально иными свойствами: сверхпрочные и сверхвысокомодульные, термостойкие, хемостойкие, эластомерные и пр. На современном этапе совершенствование свойств волокон, технологий их производства продолжается. Применяются новые мономеры и полимеры, получаемые путем биохимического синтеза, и волокна на их основе.

Химические волокна используются для производства искусственных тканей, текстильных и трикотажных изделий из них, рыболовных снастей, искусственного меха, канатов и других прочных веревок. Негорючие и химически стойкие ткани используются в производстве бензиновых баков, масло- и бензопроводящих шлангов двигателей автомобилей и самолетов; негорючих тканей для обивки самолетов, автобусов, военной техники, подводных и надводных кораблей; спасательных костюмов пожарной службы; легких и прочных волокнистых материалов для парашютов; медицинских материалов и принадлежностей.

Общая схема производства химических волокон представлена на рис. 5.10.

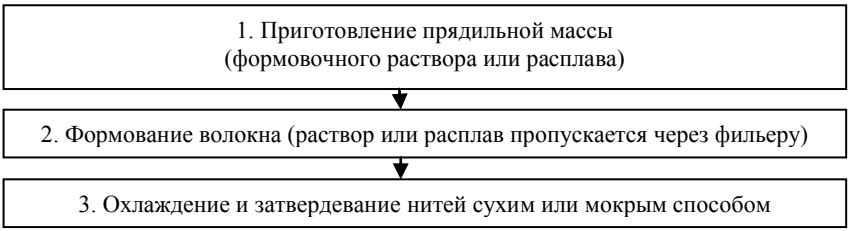


Рис. 5.10. Стадии производства химических волокон

Искусственное волокно получают из древесной целлюлозы (преимущественно ели). Вспомогательным сырьем при производстве ***вискозного волокна*** являются каустическая сода, сероуглерод, сульфат цинка или натрия. Первоначально целлюлоза обрабатывается каустической содой в специальных пресс-ваннах (процесс мерсеризации). Образуется комплексное вещество – щелочная целлюлоза. Затем ее листы отжимаются прессом под давлением 300 атм и измельчаются. Измельченная масса помещается в медленно вращающиеся трубы, где она дозревает в течение суток и обрабатывается сероуглеродом при температуре 20–25º С. Образуемый ксантогенат целлюлозы (вязкая желто-оранжевая жидкость) при растворении в едком натре образует густую темно-бурую жидкость – вискозу.

В дальнейшем вискоза продавливается через фильеру, небольшой сосуд из прочного тепло- и химически стойкого материала с плоским дном, имеющим до 25 тыс. мельчайших отверстий. Струйки вискозы осаждаются в осадильную ванну, где содержится раствор серной кислоты, сульфатов натрия и цинка. Ксантогенат целлюлозы разлагается с образованием вискозного волокна, сероуглерода и сернокислого натрия. Восстановленная вискоза имеет форму нити, которая наматывается на бобину (катушку).

Вискозное волокно имеет высокие потребительские качества и относительную дешевизну. При производстве пряжи или тканей ее смешивают с натуральными волокнами для получения более дешевой ткани. При соединении с вискозой лен, хлопок и шерсть не утрачивают натуральных качеств. При соединении вискозы с полиэстером ткань становится более прочной и износостойкой; с лайкрой и эпастаном – эластичной. На основе вискозы, кроме тканевых нитей, получают вискозную губку и целлофан (рис. 5.12).

Рис. 5.11. Вискозное волокно и машина для наматывания

Рис. 5.12. Основная схема и конечные продукты производства вискозы

Другой разновидностью искусственного волокна является ***ацетатное волокно***, получаемое из раствора ацетата целлюлозы. Триацетилцеллюлозу растворяют или в ацетоне, или в смеси дихлорметана и этанола. Образовавшийся вязкий раствор продавливают через фильеры. Тонкие струи жидкости направляют в сушильную камеру, где их обдает теплый воздух. В результате растворитель испаряется, а ацетатное волокно выделяется в виде длинных нитей.

Данное волокно эластично, приятно на ощупь, обладает механической прочностью, водостойкостью, устойчиво к микроорганизмам, пропускает ультрафиолетовые лучи. В то же время оно неустойчиво к истиранию, разрушается в концентрированных растворах кислот. Применяется в производстве тканей, галстуков, сигаретных фильтров.

Синтетическое волокно ***капрон*** получают из полиамидных смол. Исходным сырьем является белое кристаллическое вещество – фенол (C_6H_5OH). Путем взаимодействия фенола с различными добавками получают капролактам, который подвергают полимеризации. Процесс происходит в автоклавах при давлении в 15 атм и температуре 260º С. В результате образуются молекулы капрона. Полиамидная смола продавливается через фильеры. В обычных условиях полиамидная смола застывает и поэтому, пройдя через фильеры, дает прочные нити, которые наматываются на катушки (рис. 5.13).

Из капрона делают кордовую ткань, с помощью которой изготавливают каркасы для авто- и авиапокрышек, рыболовные сети, а также канатные (для производства различных веревок), капроновые нити (для производства чулочно-носочных изделий).

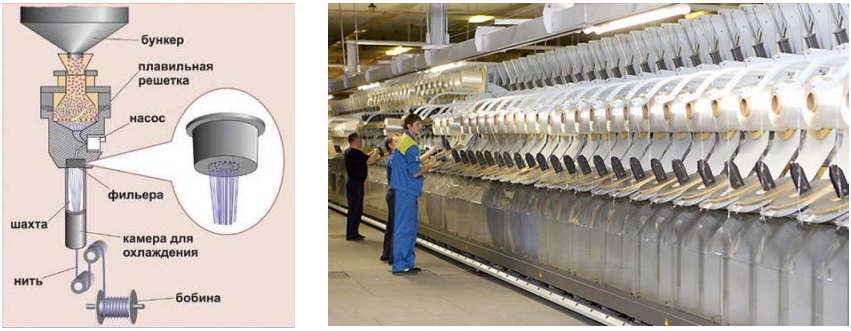


Рис. 5.13. Прохождение капронового волокна через фильеру и его наматывание в крутильном цехе

Волокно ***лавсан*** получают из полиэфирной смолы. Смола в виде сухой крошки поступает в прядильный цех. Волокно формируется на машинах, аналогичных машинам, применяемым в производстве капрона. Лавсан по виду и свойствам подобен шерсти; ткани из лавсана носки и не мнутся.

География производства химических волокон в России значительно изменилась в сторону сужения. В 1990–2000-е гг. вместе с уменьшением потребления отечественных тканей закрывались и многие производители волокон и нитей (заводы в Клине, Рязани, Балаково, Красноярске и пр.). Так, на середину 2010-х гг. в РФ не осталось ни одного производителя вискозной нити. Основные поставки ее в Россию в настоящее время осуществляют Китай и Узбекистан.

В настоящее время российские производители занимаются исключительно производством синтетических нитей и волокон (полиэфирных, полиамидных, полиакрилнитрильных), а также нетканых материалов на их основе для производства линолеума, ковролина, ковровых и гидроизоляционных изделий, нитей для полиграфической, автомобильной промышленности, дорожного строительства и иное. В основном они размещаются в Европейской части России и ориентируются на потребителей их продукции. Вспомогательными факторами являются сырьевой (углеводородное сырье) и водоемкости. Основные производители полиамидных волокон: ОАО «Химволокно» (Серпухов), ЗАО «Газпром химволокно» (Волжский), АО «Каменскволокно» (Каменск-Шахтинский), ООО «Курскволокно», ОАО «Химволокно» (Щёкино, Тульская обл.); полиэфирных – ЗАО «Газпром химволокно», ОАО «Тверской полиэфир»; полиакрилнитрильных – ООО «Композит Волокно» (Саратов). Необходимо отметить, что номенклатура производства отечественных синтетических волокон не соответствует мировым трендам, так как большинство аналогичных предприятий в США и Японии производят полиэфирные волокна (лавсан, терилен, дакрон, тесил). В России упор в производстве делается на полиамидные (капрон, нейлон).

5.4.2. Получение синтетических смол, пластмасс и изделий из них

Промышленность синтетических смол и пластических масс обладает наиболее крупными масштабами производства среди всех отраслей промышленности полимерных материалов. Это обусловлено широким применением пластмасс в промышленности и в быту.

Пластические массы – это высокомолекулярные соединения, состоящие или только из полимера, или полимера и добавок. Пластмасса состоит из связывающего вещества (синтетической смолы), которая определяет ее основные свойства, а также наполнителей, пластификаторов, красителей, стабилизаторов. Наполнители (древесная масса, песок, стеклянная вата, ткань, бумага, асбест и др.) придают пластмассе определенные механические и другие свойства. Пластификаторы (камфара, глицерин, эфиры органических кислот и др.) придают пластмассам пластичность (свойство изменять свою форму при нагревании и сохранять ее после охлаждения), что облегчает их обработку. Стабилизаторы обеспечивают долговременность службы изделия из пластмассы. Могут вводиться отвердители, смазывающие вещества в целях предотвращения прилипания пластмассы к оборудованию при производстве готовых изделий.

Пластмассы обладают широким набором ценных свойств: низкой плотностью, высокими электроизоляционными и теплоизоляционными

характеристиками, стойкостью в агрессивных средах, высокой механической прочностью при различных видах нагружения, способностью принимать любую заданную форму. Они легко поддаются резанию и другим видам обработки. Отдельными недостатками пластмасс могут быть их невысокая теплостойкость (в большинстве – до 100–120° С), а также быстрое старение, ползучесть.

В зависимости от характера превращений, происходящих с полимером при его переработке в изделие, различаются термические и реактивные пластмассы.

Термопласты – это пластические массы, способные многократно изменяться после нагревания. При обычной температуре они находятся в твердом состоянии. При нагревании они переходят в эластичное (текучее) состояние, что дает возможность формовать изделия из них разными способами. Нагревание и охлаждение таких пластмасс можно осуществлять многократно, что повышает их экологическую ценность, так как из термопластичных отходов можно делать новые изделия.

Образование такой пластмассы происходит в результате цепной *реакции полимеризации*, т.е. соединением большого количества однородных молекул, расположенных в виде цепи. Сам процесс происходит при высокой температуре, давлении в присутствии катализаторов. Основными исходными продуктами служат этилен (C_2H_4) и стирол (C_8H_8). На их базе получают такие простые и распространенные пластмассы, как полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиметилметакрилат (органическое стекло) и др. , с помощью следующих химических реакций:

$$n\,CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{\text{кат.}} (-CH_2-CH_2-)_n$$

полиэтилен

$$n\,CH_2{=}CH{-}CH_3 \xrightarrow{\text{кат.}} (-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-)_n$$

полипропилен

На базе этилена получают винипласты (соединения этилена и хлора), фторопласты (соединения этилена с фтором) и др.

Полиэтилен – твердый, бесцветный, жирный на ощупь, напоминающий парафин материал. Он легче воды, при поджигании загорается и горит синеватым пламенем без копоти. Полиэтилен – незаменимый материал для изоляции проводов радиолокационных, телемеханических и тому подобных устройств. В химической промышленности полиэтилен используется в качестве антикоррозийного покрытия и для изготовления деталей аппаратов, работающих в условиях агрессивных (химически активных) веществ. В строительстве – для производства водопроводных труб. Прозрачные пленки из полиэтилена водонепроницаемы [9, с. 96].

Готовые изделия из термопластов получают следующими способами:

а) *экструзией (выталкиванием)*. Протекает в экструдерах. Заключается в уплотнении и плавлении материала при его движении по каналу рабочего органа экструдера, профилировании и выдавливании расплава (рис. 5.14);

б) *литьём под давлением*. Термопласт в виде гранул нагревают в цилиндре литейной машины. Под давлением опускаемого поршня разогретый материал заполняет пустую форму. Преимущества – точность и массовость производства (рис. 5.15);

в) *вакуум-* и *пневмоформированием*. Изготавливают готовые изделия из листовых термопластов в присутствии воздуха или без него. Конфигурация изделия фиксируется при его охлаждении.

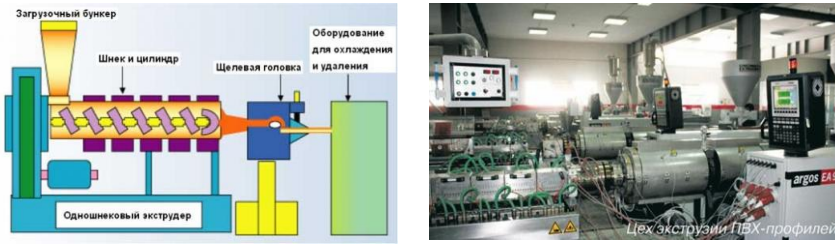


Рис. 5.14. Экструдер

Рис. 5.15. Машина для литья термопластов под давлением

Реактопласты – это пластмассы, переработка которых в изделия сопровождается необратимой химической реакцией, приводящей к образованию неплавкого и нерастворимого материала в процессе отвердевания. Основой для их производства являются:

– фенолформальдегидные смолы (высокомолекулярные соединения, получаемые путем поликонденсации фенола с формальдегидом);

– карбамидоформальдегидные смолы (высокомолекулярные соединения, получаемые путем поликонденсации карбамида с формальдегидом);

– полиэфирные смолы (высокомолекулярные соединения, получаемые путем поликонденсации многоосновных кислот или их ангидридов с многоатомными спиртами). Янтарь является природной полиэфирной смолой;

– эпоксидные смолы.

Реактопласты всегда содержат много наполнителей. Реакция получения данного вида пластических масс идет при нагревании смеси веществ в присутствии катализаторов – кислоты или щелочи. Наиболее популярными видами реактопластов являются волокнит (наполнители – хлопковые очесы, асбест, ткани), текстолит (хлопчатобумажная ткань), бакелиты, полиамиды и др. Все они обладают свойством твердости, а поэтому получили широкое распространении в автомобилестроении для производства зубчатых колёс, вкладышей подшипников, втулок, деталей зажигания, рулевого управления и пр., радиотехнике (цоколи ламп, патроны, розетки, панели и др.), в медицине (протезы, искусственные органы), в строительстве, производстве напольных и стеновых панелей и пр. Основные методы выплавки форм из реактопластов – литьё под давлением, прессование.

Рис. 5.16. Изделия из реактопластов

Получение пластмассовых изделий осуществляется или на специальных заводах, или в цехах машиностроительных предприятий.

5.4.3. Производство синтетических каучуков и резинотехнических изделий

Синтетический каучук – эластичный и водонепроницаемый продукт, получаемый из синтетических полимеров. Делится на каучуки общего назначения и специальные. Первые применяются в производстве изде-

лий, в которых реализуется основное свойство резины – высокая эластичность (шины, конвейерные ленты, приводные ремни), вторые – в производстве изделий (уплотнителей, латексов, амортизаторов), которые наряду с эластичностью должны обладать специфическими свойствами (тепло-, масло-, бензо-, морозоустойчивость, гидроизоляция и др.).

Первенство в производстве синтетических каучуков принадлежит СССР. В 1928 г. в лаборатории академика С.В. Лебедева был получен первый бутадиеновый (дивиниловый) каучук из этилового спирта. Сырьем для производства последнего служили картофель, пшеница, патока, овес и пр. Поэтому первые каучуковые заводы располагались в Центральной России (ОАО «Воронежсинтезкаучук» (холдинг «Сибур»), «Казанский завод синтетического каучука», «Ефремовский завод синтетического каучука» (группа «Татнефть»)) и Восточной Сибири (производство на базе гидролизной переработке древесины, ныне АО «Красноярский завод синтетического каучука»).

Ныне производится множество марок из бутадиена, изопрена, хлоропрена, пропилена путем их полимеризации стиролом, акрилонитрила на базе этанола, ацетилена и других мономеров, получаемых в ходе нефте- и газопереработки. Большая часть современных синтетических каучуков являются бутадиен-стирольными, бутадиен-метилстирольными, бутадиен-стирол-акрилонитрильными, бутилкаучуками, этилен-пропиленовыми, хлоропреновыми сополимерами. В связи с этим изменилась и география размещения заводов. Наиболее крупные предприятия располагаются в местах добычи углеводородов и массового потребления химической продукции: ОАО «Нижнекамскнефтехим», «Синтез-Каучук» (Стерлитамак), «Стерлитамакский нефтехимический завод», «Тольяттикаучук» (холдинг «Сибур»), а также на магистральных трубопроводах (ОАО «Омский каучук», «Уралоргсинтез»).

Постсоветская динамика производства синтетических каучуков характеризуется резким снижением в 1990-х гг. и постепенным увеличением объемов в 2000-х гг., связанным с восстановлением внутреннего рынка потребления шин и резинотехнических изделий и выходом на европейские рынки (рис. 5.17). В 2010-е гг. в связи с сокращением российского экспорта уменьшаются и объемы производства. Однако до настоящего времени большая доля каучуков (более 60%) продается российскими компаниями за границей.

Причинами сложившейся ситуации являются недостаточное технологическое обновление предприятий и производство малопопулярных каучуков. До 2005 г. основным видом синтетического каучука в России был изопреновый, отличающийся меньшими технологическими свойствами (рис. 5.18). Бутадиеновые же каучуки, производимые в стране, имеют более высокую себестоимость в связи с использованием менее

производительного оборудования и устаревших видов катализаторов[1]. Кроме того, около двух третей выпуска бутилкаучуков в России приходится на традиционные немодифицированные виды.

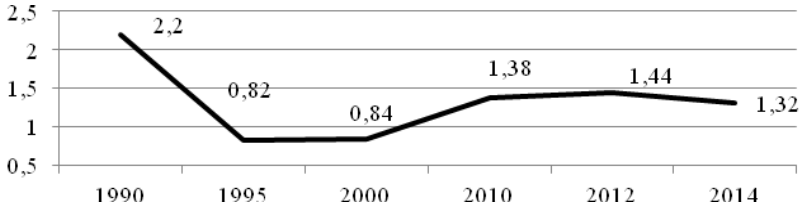


Рис. 5.17. Динамика производства синтетического каучука в СССР и России в 1990–2014 гг., млн т[2]

Рис. 5.18. Мировое производство синтетических каучуков, в т.ч. по видам, и доля России на мировом рынке в 1991–2007 гг. (по данным журнала Expert)

Получение синтетических каучуков происходит с помощью реакции полимеризации, которая протекает в разных фазовых средах, от которых зависят предполагаемые свойства будущего изделия. Различают: 1) эмульсионную полимеризацию; 2) растворную полимеризацию; 3) газо- и

[1] *Рязанов В.* Российская промышленность синтетического каучука: логистика, экспорт и инвестиции. URL: http://plastinfo.ru/information/articles/147/ (дата обращения: 30.07.2016); Обзор отрасли: промышленность синтетических каучуков (по данным РИА «РусБизнесКонсалтинг». URL: http://pandia.ru/text/77/191/17003.php (дата обращения: 30.07.2016).

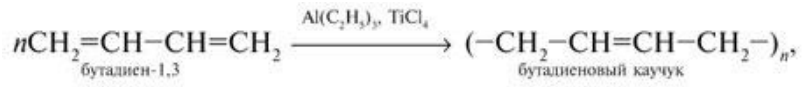
[2] Экономика России. Цифры. Факты. Глава 9. Химическая промышленность. URL: http://utmagazine.ru/posts/10562-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-9-himicheskaya-promyshlennost (дата обращения: 30.07.2016).

жидкофазную полимеризацию. Последняя ныне практически не используется в связи с более низким качеством получаемой продукции.

Основные преимущества *полимеризации в эмульсии* заключаются в том, что процесс протекает с большей скоростью и его можно организовать по непрерывной схеме. Кроме этого, процесс хорошо регулируется, так как тепло реакции отводится равномерно и получаемый полимер более однороден по структуре и качеству. В зависимости от температуры, при которой протекает реакция, различают высокотемпературную и низкотемпературную полимеризацию. Низкотемпературные эластомеры обладают более высокими физико-механическими показателями по сравнению с высокотемпературными.

Полимеризация в растворе обеспечивает эффективный теплообмен в массе раствора, в котором протекает реакция. Поэтому полученный полимер более однороден и обладает лучшим комплексом свойств. Применение органических растворов позволяет использовать различные эффективные каталитические системы, с помощью которых можно направленно синтезировать эластомеры, создавать высокомолекулярные соединения с заданной структурой и свойствами. В то же время использование таких систем требует тщательной подготовки и очистки мономеров и растворителей, которые используются в синтезе. Это наиболее современный способ полимеризации.

Бутадиен-стирольный каучук (СКС) – наиболее используемый вид. Каучук синтезируется путем совместной полимеризации бутадиена[1] со стиролом ($C_6H_5CH = CH_2 – CH$) высокотемпературным эмульсионным способом:



Мономеры образуют эмульсию в воде под действием поверхностно-активных веществ. Реакция протекает при температуре +50° С. Активная катализаторная система «сшивает» молекулы мономеров, которые находятся в виде водной эмульсии, и образовывает бутадиен-стирольные (α-метилстирольные) звенья. Также может быть использована низкотемпературная эмульсионная полимеризация (+5° С). Процесс полимеризации останавливают при 70–75% конверсии, так как более глубокая конверсия

[1] Бутадиен-1,3 (дивинил) – ненасыщенный углеводород, газ с неприятным запахом, малорастворимый в воде. Получают дегидратацией бутана на алюмохромовых катализаторах либо его пиролизом.

может вызвать ухудшение физических свойств. Завершение полимеризации (обрыв роста цепи) осуществляется добавлением ингибитора.

Промышленный синтез бутадиен-стирольных в растворе впервые применен в 1980-х гг. Он осуществляется при сополимеризации бутадиена со стиролом в присутствии многофункциональных литийорганических соединений:

$$n\ CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{C_4H_9Li} (-CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2-)_n$$

Полученный продукт имеет меньшее разветвление в цепи, более светлый цвет и меньшее содержание не каучуковой субстанции по сравнению с эмульсионным способом. Как результат, каучук, полученный растворной полимеризацией, имеет лучшую стойкость к истиранию, лучшую гибкость, большую способность к восстановлению после деформации.

Бутадиен-стирольный каучук обладает отличным балансом функциональных качеств во многих областях применения. Он находит широкое применение во многих отраслях промышленности (прил. 5.3).

Эмульсионным же способом получают ***хлоропреновый каучук*** $(-CH_2 - CCl = CH - CH_2-)_n$. Он отличается высокой стойкостью по отношению к растворителям, не портится от воздействия нефтепродуктов. Для его вулканизации не требуется серы. Исходным сырьем для его производства являются ацетилен и хлористый водород.

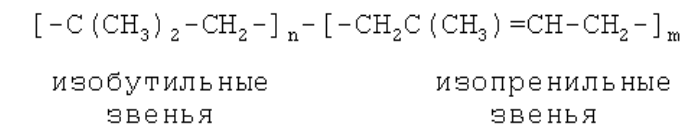
Данный вид синтетических каучуков представляет собой эластичную светло-желтую массу. Основные свойства – хорошая стойкость к огню, способность быстро склеиваться с тканями и металлами, озоностойкость и стойкость к естественному окислению, хорошая стойкость к истиранию.

Полиизопреновый каучук $(-CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2-)_n$ является важным синтетическим каучуком общего назначения. Он химический аналог натурального каучука и практически дублирует его поведение и свойства. Впервые был получен в 1954 г., а промышленно представлен в 1960 г. Shell Chemical Company. Цис-1,4-полиизопрен производится растворной полимеризацией изопрена[1] в присутствии катализатора Циглера – Натта (долевое соединение триалкила алюминия и тетрахлорида титана) или типа алкил лития при 50° С. Основными шагами в производстве полиизопренового каучука являются подготовка и очистка сырья, полимери-

[1] Изопрен – ненасыщенный углеводород, представляющий собой бесцветную летучую жидкость с характерным запахом. Получают в процессе дегидрирования изопентана или крекинга углеводородов при производстве этилена.

зация, деактивация катализатора и его удаление, регенерация растворителя, осушение и упаковка.

Бутилкаучук впервые получен в США в 1937 г. растворной сополимеризацией изобутилена с небольшим количеством изопрена при низкой температуре (–96° С) в присутствии хлорида алюминия в метилхлориде (катализатора):



Бутилкаучук имеет уникальную способность удерживать воздух, и эта способность сделала его идеальным материалом для камер пневматических шин. Он также сделал возможным изобретение бескамерных шин. Кроме того, бутилкаучук используется для производства ракетного топлива.

Натуральный и синтетический каучук перерабатывают в ***резину*** (от *лат.* resina – смола) путем вулканизации. Промышленный прообраз современной технологии получения резины из натурального каучука был изобретен в 1844 г. американцем Чарльзом Гудьиром.

Обычно в состав сырой резиновой смеси входят следующие вещества: каучук, вулканизатор (в основном используется сера, а также оксиды магния или цинка), ускоритель вулканизации, пластификаторы, или мягчители (нефтяные или таловые масла, фактис и пр.), противостарители (бисфенолы), наполнители (сажа, технический углерод мел, цинковые белила, каолин), красители.

Смешивание указанных компонентов производят в закрытых смесителях, представляющих собой камеру, в которой вращаются навстречу друг другу с разными скоростями два ротора овальной или трехгранной формы, снабженные гребнями. Валки машины предварительно нагревают до 40 – 50 С. Ввод компонентов будущей резины осуществляют в строгой последовательности: сначала нарезанный кусками каучук, затем противостарители и пр. Камеры и роторы имеют устройство для охлаждения – отвода тепла, выделяющегося при пластификации каучука. Полученную резиновую смесь подвергают процессу каландрирования: пропускают через верхний и нижний валки прокатного стана в виде непрерывной ленты равномерной толщины, разрезаемой затем на листы. Полученная резиновая смесь («сырая резина») может храниться на складе до нескольких месяцев.

Вулканизация (введение вулканизаторов и ускорителей процесса) является конечной стадией изготовления резиновых изделий. Вулканизацию каучука можно проводить при обычной температуре (холодная) или при нагревании (горячая). Холодная вулканизация происходит под действием 2–3%-ных растворов полухлористой серы в течение 1–3 мин. Холодную вулканизацию применяют только для изготовления тонкостенных изделий из резиновой смеси. Горячая вулканизация проводится при +150º, +160º С в прессах или специальных котлах-автоклавах. Она применяется для производства шин, резинотехнических и резиноасбестовых изделий.

Автомобильные шины собирают на специальных станках из нескольких слоев особой кордовой ткани, покрытой резиновым слоем. Тканевой каркас тщательно прикатывают, а кромки слоев ткани заворачивают. Снаружи его покрывают двумя слоями металлокордового брекера. Беговую часть будущей шины покрывают толстым слоем резины, называемым протектором (он будет соприкасаться с дорогой), а на боковины накладывают тонкий слой резины. Собранную сырую шину подвергают вулканизации (рис. 5.19). Отдельные особенности шинного производства зависят от того, где будет использована покрышка: для производства легковых или грузовых автомобилей, сельскохозяйственной техники, автобусов или троллейбусов.

а) б)

Рис. 5.19. Установка для вулканизации шины и пресс-форма (а), резиновая заготовка для будущего протектора (б)[1]

Динамика производства шин указана на рис. 5.23. Она отражает резкое уменьшение объемов работы шинных заводов России в 1990-е гг. и восстановление советского уровня развития производства к середине 2010-х гг. Снижение показателей в середине 1990-х гг. связано со сниже-

[1] Как производят шины для машины (фотографии из цехов Ярославского шинного завода). URL: http://avivas.ru/topic/kak_proizvodyat_shini_dlya_mashini.html (дата обращения: 01.08.2016).

нием потребления шин для легковых автомобилей. В то же время наибольшую роль в этом процессе сыграло резкое уменьшение спроса на шины для грузовых автомобилей и сельскохозяйственной техники. Как известно, СССР был одним из лидеров в мире по производству грузовиков и тракторов. В настоящее время эти позиции Россия утратила.

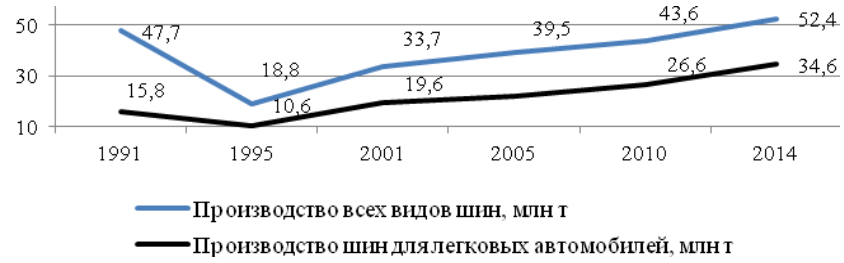


Рис. 5.23. Динамика производства шин в России в период с 1991 по 2014 гг.[1]

Восстановление производства шин в нашей стране связано с развитием автомобильной промышленности, в т.ч. с приходом на российский рынок иностранных производителей. Преимущественное развитие шинная отрасль получила в результате увеличения объемов производства легковых автомобилей.

Размещение отечественных шинных заводов, переживших кризис, ориентируется на источники сырья (заводы синтетического каучука), а также на потребительский фактор (наличие рядом крупных автомобильных предприятий). Лидером в отрасли продолжает быть ОАО «Нижнекамскшина» (18% российского производства, марки Kama, KamaEuro, Viatti). Далее следуют заводы, объединенные маркой «Кордиант», – ОАО «Омскшина», «Ярославский шинный завод», ЗАО «Кордиант-Восток» (10% производства, марки Omskshina, Tyrex, Cordiant). Воронежский и Кировский шинные заводы выкуплены итальянской фирмой Pirelli и выпускают продукцию под этой маркой (10% производства в России).

Большую роль в производстве шин в настоящее время играют иностранные производители, построившие свои заводы в России. В основном они ориентируются на кооперацию с автомобильными заводами, а поэтому располагаются в Центральной России и на северо-западе стра-

[1] Российский рынок шин ожидает существенное повышение цен. URL: http://plastinfo.ru/information/articles/469/ (дата обращения: 30.07.2016).

ны[1]. ООО «Нокиан шина» (9% производства, учредитель – финская компания Nokian) имеет производство в г. Всеволожске. Французский гигант Michelin (5% производства) – в пос. Давыдово Орехово-Зуевского района Московской обл., японская фирма Yokohama (5%) – в Липецкой области, немецкий концерн Continental (3%) – в Калуге.

География размещения предприятий по производству резинотехнических изделий, обусловленная разнообразием выпускаемого ассортимента, достаточно широка и ориентирована на потребительский фактор.

[1] Горбунов А. Русские шины с иностранной родословной // Эксперт. 2013. №4. URL: http://expert.ru/expert/2013/45/russkie-shinyi-s-inostrannoj-rodoslovnoj/ (дата обращения: 28.07.2016).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Нормативные документы

1. Об утверждении Стратегии развития транспортного машиностроения Российской Федерации до 2030 года. Проект распоряжения Правительства РФ №АД-П9-5794 от 10 августа 2013 г.

2. О программе развития угольной промышленности России до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2014 г. №1099-р.

3. Стратегия развития лесного комплекса России на период до 2020 года. Утверждена приказом Минпромторга и Минсельхоза России от 30 октября 2008 г. №248/482.

4. Стратегия развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года. Утверждена приказами министерств промышленности и торговли (№651), а также энергетики РФ (№172) от 8 апреля 2014 г.

5. Стратегия развития черной металлургии России на 2014 – 2020 годы и на перспективу до 2030 года и стратегии развития цветной металлургии России на 2014 – 2020 годы и на перспективу до 2030 года. Утверждена Минпромторга РФ от 5 мая 2014 года №839.

6. Стратегия развития энергетического машиностроения Российской Федерации на 2010 – 2020 годы и на перспективу до 2030 г. Утверждена приказом Минпромторга России от 22 февраля 2011 г. №206.

7. Энергетическая стратегия России до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 года. №1715-р.

Литературные источники

Основные

8. *Нестеров Н.В.* Организация производственно-технологических процессов: учеб. пособие / ПОИПКРО. Пермь, 2002. 328 с.

9. *Основы* промышленного и сельскохозяйственного производства: учеб. пособие / А.Ф. Куракин, В.Н. Тюрин, А.В. Шевченко, Л.И. Куракина; под ред. А.Ф. Куракина. М.: Просвещение, 1981. 239 с.

10. *Плоткин М.Р.* Основы промышленного производства: учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1977. 304 с.

11. *Ратанова М.П.* Экологические основы общественного производства; учеб. пособие. Смоленск: Изд-во Смол. гум. ун-та, 1999. 176 с.

12. *Хрущев А.Т.* География промышленности СССР: учебник для геогр. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1990. 223 с.

Дополнительные

13. *Гонтарь Н.В*. Факторы и современные особенности размещения промышленного комплекса России / Рос. экон. ун-т им. Г.В. Плеханова. М., 2013. 124 с.

14. *Кузьминов И.Ф.* Географические последствия постсоветской трансформации лесопромышленного комплекса России: автореф. … канд. геогр. н. М., 2012. 27 с.

15. *Основы* отраслевых технологий и организации производства. СПб.: Политехника, 2002. 312 с.

16. *Политехнический* словарь / гл. ред. А.Ю. Ишлинский. М.: Большая рос. энцикл., 1998. 656 с.

17. *Технологии* важнейших отраслей промышленности / под ред. А.М. Гинберга, Б.А. Хохлова: учеб. пособие для студ. экон. спец. М.: Высшая школа, 1985. 371 с.

18. *Шарыгин М.Д., Осипов В.А*. Энергопроизводственные циклы: проблемы теории и практики. Л.: Наука, 1988. 120 с.

19. *Экономическая* и социальная география России: учеб. пособие / под ред. проф. А.Т. Хрущева. М.: Дрофа, 2006. 607 с.

Электронные ресурсы

20. Авакян Н. Зачем России альтернативная энергетика? URL: http://utmagazine.ru/posts/16847-zachem-rossii-vozobnovlyaemaya-energetika

21. Большое будущее малой гидроэнергетики // AEnergy: портал о развитии альтернативной энергетики в мире. URL: http://aenergy.ru/1524

22. Все об тепловой и атомной энергетике России. URL: http://tesiaes.ru

23. Все о минерально-сырьевом комплексе России и мира: информ.-анал. портал «Минерал.ру». URL: http://www.mineral.ru

24. Зильберштейн О.Б. Оценка роли ТЭК в структуре российской экономики и формировании показателей национальной энергобезопасности // Экономика и современный менеджмент: теория и практика: сб. ст. по материалам XXXVII Междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2014. Вып. №5(37). URL: http://sibac.info/conf/econom/xxxvii/38160

25. Новая химия: аналитический портал химической промышленности. URL: http://www.newchemistry.ru/index.php

26. Ордян М. А. Роль металлургического комплекса в усилении экономики РФ. Социально-экономические аспекты функционирования металлургической промышленности // Молодой ученый. 2014. №2. С. 531–534]. URL: http://www.moluch.ru/archive/61/9194/

27. Официальный сайт журнала «Эксперт». URL: http://expert.ru

28. Портал Neftegaz.ru. URL: http://reklama.neftegaz.ru/#agency

29. Портал о развитии черной металлургии в России. URL: http://a-kranm.com

30. Промышленность России: стат. сб. М., 2014. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139918730234

31. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2014. М., 2015. 1266 с.. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/region/reg-pok15.pdf

32. Робототехника: глобальные перспективы, самые перспективные компании и проекты. URL: http://utmagazine.ru/posts/7550-robototehnika-globalnye-perspektivy-samye-perspektivnye-kompanii-i-proekty

33. Рогов В.А., Соловьев В.В., Копылов В.В. Новые материалы в машиностроении: учеб. пособие. М., 2008. 324 с.. URL: http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/iop_pdf/34-Rogov_V.A.-_Kopylov_V.

34. Романова О.А Современные тенденции в развитии базовых отраслей индустриального региона // Россия и страны Северо-Восточной Азии: вопросы экономического сотрудничества. Екатеринбург, 2010. С. 76–90. URL: http://www.rotobo.or.jp/events/20101201No.03.pdf

35. Сараев В. На обочине нечеловеческого прогресса // Эксперт-онлайн. 2014. 17 ноября. URL: http://expert.ru/expert/2014/47/na-obochine-nechelovecheskogo-progressa/

36. Хохлов А.В. Справочные материалы по географии мирового хозяйства. М., 2015. URL: http://www.vlant-consult.ru/projects/materials/

37. Энергетика и экономика России // Федеральный портал Protown.ru. URL: http://www.protown.ru/information/hide/7926.html

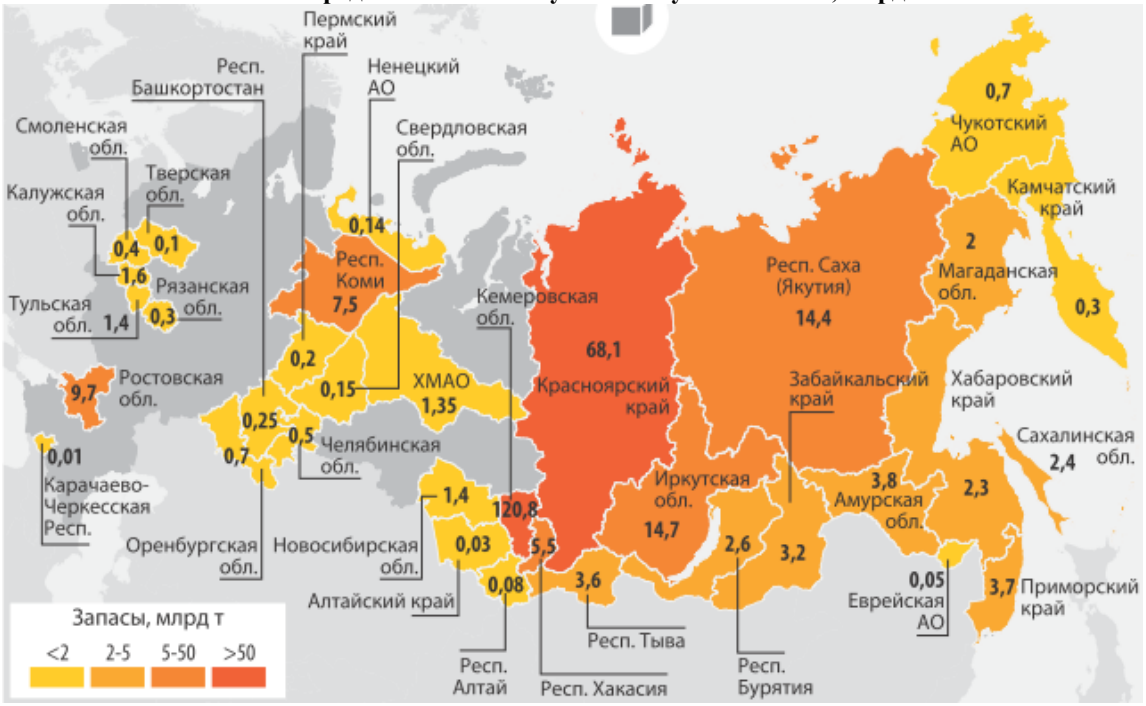
38. Российский статистический ежегодник. 2010. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_13/IssWWW.exe/Stg/d3/13-29.htm

39. Metallspace.ru: метод. и общепросвет. портал о развитии металлургии в мире и России. URL: http://www.metalspace.ru

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.1

Распределение запасов углей по субъектам РФ, млрд т[1]



[1] Уголь // Сырьевой комплекс России. 2012. URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/546/3_03_ugol.pdf (дата обращения: 19.08.2016).

Приложение 1.2

Крупнейшие угледобывающие компании России

Название	Дата основания	Число работающих, тыс. чел.	Объемы добычи, млн т (2015)	Размещение предприятий
АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК)	2001	33,5	97,8	Канско-Ачинский бассейн (Бородинский, Березовский и Назаровский разрезы), Минусинский бассейн, Тунгутский разрез (Бурятия), Харанорский, Татауровский, Апсатский разрезы (Забайкальский край), Бурейский бассейн (Хабаровский край), Раздольненская шахта (Приморский край)
АО ХК «СДС-Уголь»	2006	11,0	30,0	Кузнецкий бассейн (Первомайская шахта, Прокопьевская угольная компания)
ОАО «Русский уголь»	2002	4,0	14,2	Райчихинский и Ерковецкий разрезы (Амурская область), Абанское месторождение (Канско-Ачинский бассейн)
ООО Компания «Востсибуголь»	1993	5,0	14,2	Иркутский угольный бассейн, в т.ч. Черемховское каменноугольное и Мугунское буроугольное месторождения
АО «Воркутауголь» (в составе ПАО «Северсталь»)	1997	6,0	13,0	Печорский угольный бассейн (Воркутинское месторождение)
ПАО «Южный Кузбасс» (контролируется ПАО «Мечел»)	1993	н.д.	12,0	Кузнецкий бассейн (шахты «Сибиргинская», «Ольжерасская-Новая», им. В. И. Ленина, разрезы «Красногорский», «Сибиргинский», «Ольжерасский» и др.)
ОАО ХК «Якутуголь» (контролируется ПАО «Мечел»)	2002	н.д.	11,5	Южно-Якутский бассейн (Нерюнгриское, Кангалассное, Эльгинское, Джебарики-Хайское месторождения)

Окончание прил. 1.2

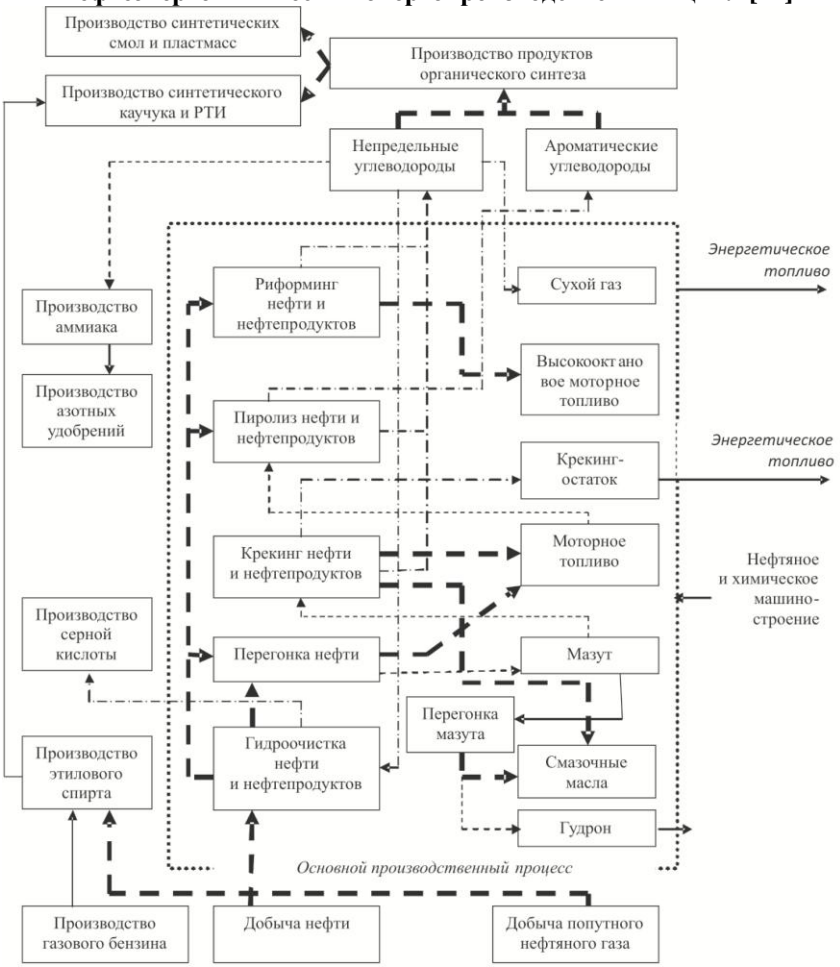
Название	Дата основания	Число работающих, тыс. чел.	Объемы добычи, млн т (2015)	Размещение предприятий
ЗАО «Сибуглемет» (подконтрольно холдингу EVRAZ Group)	1995	н.д.	10,7 (2012)	Кузнецкий бассейн (разрез «Междуречье», шахты «Антоновская», «Большевик», «Южная», «Полосухинская» и пр.).
ОАО «Объединенная угольная компания «Южкузбассуголь» (подконтрольно холдингу EVRAZ Group)	1993	н.д.	10,3	Кузнецкий бассейн (шахты «Абашевская», «Грамотеинская», «Есаульская», «Осинниковская», «Томская», «Ульяновскас», «Тагарышская», «Кушеяковская» и др.)
ПАО «Распадская» (подконтрольно холдингу EVRAZ Group)	1991	н.д.	10,2	Кузнецкий бассейн (шахта «Распадская»)
ООО Угольная компания «Заречная»	1998	н.д.	8,6	Кузнецкий бассейн (шахты «Заречная», «Алексеевская»)
АО «Сибирский антрацит»	2001	2,2	5,3	Горловский бассейн в Новосибирской области (Колывановское, Ургунское, Горловское месторождения). Добывается один из лучших в мире антрацит марки Ultra High Grade.

Приложение 1.3

Распределение прогнозных ресурсов нефти по НГБ России, млрд т[1]

[1] Нефть и конденсат // Сырьевой комплекс России. 2012. URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/536/3_01_oil.pdf (дата обращения: 19.08.2016).

Нефтеэнергохимический энергопроизводственный цикл [12]



ХАРАКТЕР ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ: ***связи по комбинированию, в т.ч.***

———— - при последовательной обработке сырья
---------- - при комплексном использовании сырья
–·–·–·– - при утилизации отходов производства

Деление производственных связей по значению на основные, дополнительные и побочные обозначено толщиной линии

Приложение 1.5

Нефтеперерабатывающие заводы России

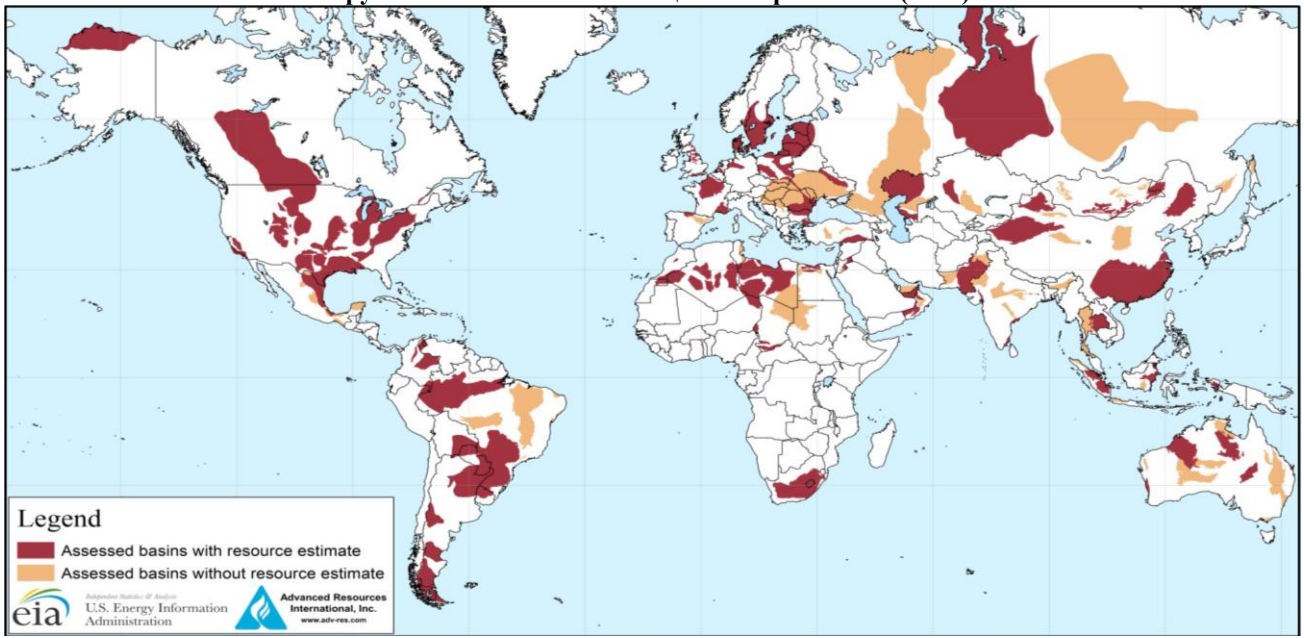
Название НПЗ	Контролирующая компания	Место размещения	Мощность по переработке нефти, млн т
АО «Ангарская НХК»	Роснефть	Ангарск, Иркутская обл.	9,7
ЗАО «Антипинский НПЗ»	ООО «Нефтегазовые технологии»	пос. Антипино, Тюменская обл.	7,7
ОАО «Астраханский ГПЗ»	Газпром	пос. Аксарайский, Астраханская обл.	3,3
ООО «Афипский НПЗ»	ООО «НефтеГазИндустрия»	пос. Афипский, Краснодарский край	4,8
ОАО «Ачинский НПЗ Восточной нефтяной компании»	Роснефть	Ачинск, Красноярский край	7,5
ООО «Лукойл-Волгоградоргсинтез»	Лукойл	Волгоград	11,0
ООО «Ильский НПЗ»	Кубанская нефтяная компания	пос. Ильский, Краснодарский край	2,2
ООО «ПО “Кириши-НОС”» (Кинеф)	ОАО «Сургутнефтегаз»	Кириши, Ленинградская обл.	22,0
ООО «Комсомольский НПЗ»	Роснефть	Комсомольск-на-Амуре, Хабаровский край	7,8
ЗАО «Краснодарский НПЗ – Краснодарэконефть»	РуссНефть	Краснодар	3,0
АО «Куйбышевский НПЗ»	Роснефть	Самара	6,7
ООО «Лукойл-НОРСИ»	Лукойл	Кстово, Нижегородская обл.	17,0
ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез»	Лукойл	Пермь	12,4
ООО «Марийский нефтеперегонный завод»		с. Табашино, Республика Марий Эл	1,2
АО «Газпромнефть Московский НПЗ»	Газпром нефть	Москва	12,2
Башнефть-Новойл, филиал	Башнефть	Уфа, Башкортостан	7,1
АО «Новокуйбышевский НПЗ»	Роснефть	Новокуйбышевск, Самарская обл.	9,6

Окончание прил. 1.5

Название НПЗ	Контролирующая компания	Место размещения	Мощность по переработке нефти, млн т
ОАО «Новошахтинский завод нефтепродуктов»	ООО «Юг Руси»	Новошахтинск	2,5
АО «Газпромнефть Омский НПЗ»	Газпром нефть	Омск	19,5
ОАО «Орскнефтеоргсинтез»	РуссНефть	Орск, Оренбургская обл.	6,6
ЗАО «Рязанская нефтеперерабатывающая компания»	Роснефть	Рязань	17,0
ООО «Салаватнефтеоргсинтез»	Газпром	Салават, Башкортостан	9,1
ПАО «Саратовский НПЗ»	Роснефть	Саратов	6,5
ООО «Сургутский завод стабилизации конденсата»	Газпром	Сургут, Ханты-Мансийский АО	4,0
ОАО «Сызранский НПЗ»	Роснефть	Сызрань, Самарская обл.	6,5
ОАО «ТАИФ-НК»	ТАИФ	Нижнекамск, Татарстан	8,0
АО «ТАНЕКО»	Татнефть	Нижнекамск, Татарстан	8,0
ООО «СИБУР Тобольск»	ПАО «Сибур-Холдинг»	Тобольск, Тюменская обл.	3,8
ООО «Туапсинский НПЗ»	Роснефть	Туапсе, Краснодарский край	12,0
Башнефть-Уфанефтехим, филиал	Башнефть	Уфа, Башкортостан	9,5
Башнефть-Уфимский НПЗ, филиал	Башнефть	Уфа, Башкортостан	7,6
ООО «Лукойл-Ухтанефтепереработка»	Лукойл	Ухта, Республика Коми	3,2
АО «ННК-Хабаровский НПЗ»	ОАО «Независимая нефтегазовая компания»	Хабаровск	4,4
ЗАО «НефтеХимСервис» (Яйский НПЗ)	ЗАО «НефтеХимСервис»	Пос. Яя, Кемеровская обл.	3,0
ООО «Славнефть-ЯНОС»	ООО «Славнефть»	Ярославль	14,0

Приложение 1.6

Крупнейшие бассейны сланцевой нефти и газа (2014)[1]



Темными пятнами выделены бассейны, подвергшиеся оценке запасов. Светлыми пятнами – неоцененные.

[1] Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources. 2014: report of U.S. Energy Information Administration. URL: https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/ (дата обращения: 19.08.2016).

Приложение 1.7

Прогнозные ресурсы свободного газа в нефтегазоносных бассейнах России, трлн куб. м[1]

[1] Природный горючий газ // Сырьевой комплекс России. 2012. URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/541/3_02_gaz.pdf (дата обращения: 19.08.2016).

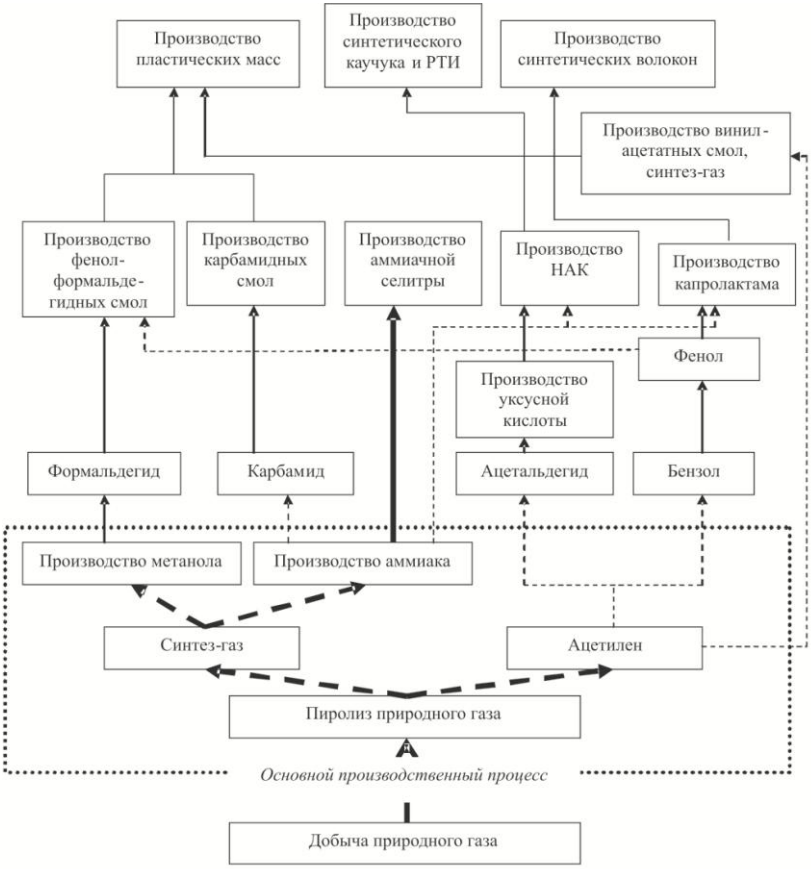
Приложение 1.8

Крупнейшие газовые месторождения России [23]

№ п/п	Название	Нефтегазовый бассейн	Разработчик	Объем ресурсов по категориям А + В + C_1, трлн куб м	Доля в запасах газа по стране, %
1	Уренгойское	Западно-Сибирская НГП	ООО «Газпром добыча Уренгой», «Уренгойская газовая компания», ЗАО «Роспан интернешнл», ОАО «Арктикгаз» и пр.	5,2	9,4
2	Бованенковское	Западно-Сибирская НГП	ООО «Газпром добыча Надым»	4,4	7,1
3	Ямбургское	Западно-Сибирская НГП	ООО «Газпром добыча Ямбург»	3,2	6,1
4	Штокмановское	Восточно-Баренцевоморская НГП	ООО «Газпром нефть шельф»	3,9	5,7
5	Астраханское	Прикаспийская НГП	ООО «Газпром добыча Астрахань», ОАО «Астраханская нефтегазовая компания»	2,5	5,2
6	Заполярное	Западно-Сибирская НГП	ООО «Газпром добыча Ямбург»	2,6	3,8
7	Харасавэйское	Западно-Сибирская НГП	ООО «Газпром добыча Надым», ПАО «Газпром»	1,4	3,0
8	Ковыктинское	Лено-Тунгусская НГП	ПАО «Газпром»	1,4	2,9
9	Крузенштерновское	Западно-Сибирская НГП	ПАО «Газпром»	0,9	2,4
10	Чаяндинское	Лено-Тунгусская НГП	ПАО «Газпром»	0,7	2,1
11	Южно-Тамбейское	Западно-Сибирская НГП	ОАО «Ямал СПГ»	1,0	1,9
12	Ангаро-Ленское	Лено-Тунгусская НГП	ООО «Петромир»	1,5	1,8

Приложение 1.9

Газоэнергохимический энергопроизводственный цикл [12]



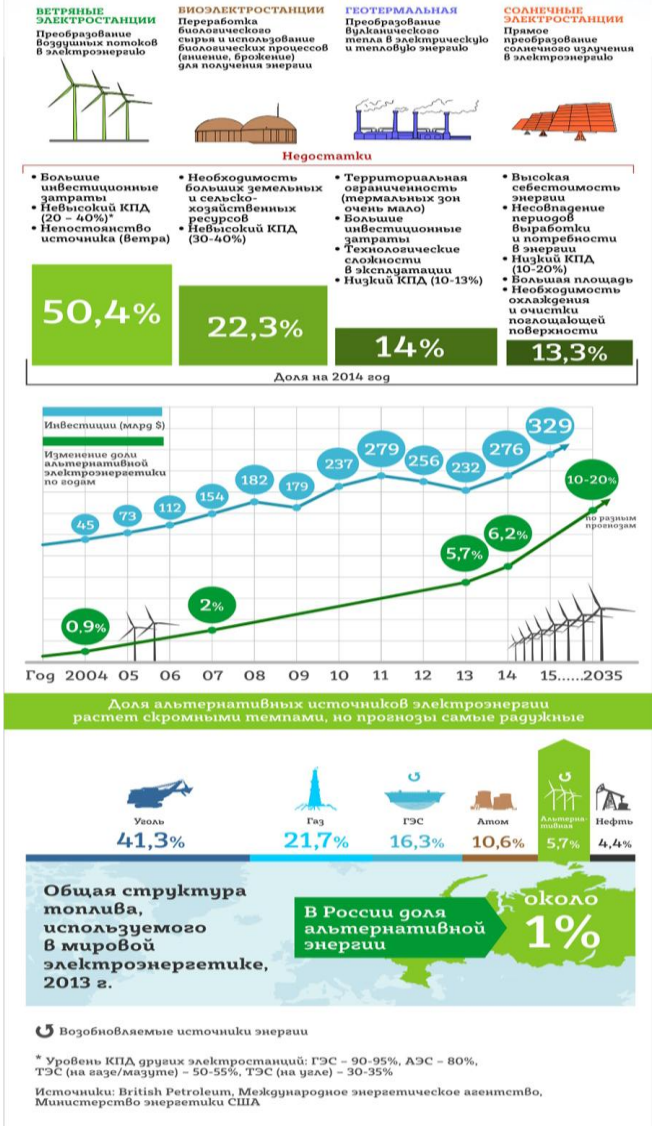
ХАРАКТЕР ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ: ***связи по комбинированию, в т.ч.***

———— - при последовательной обработке сырья
---------- - при комплексном использовании сырья

Деление производственных связей по значению на основные, дополнительные и побочные обозначено толщиной линии

Приложение 1.10

Особенности развития альтернативной энергетики в мире (2014)[1]



[1] Что мешает развитию альтернативных источников энергии // Взгляд: деловая газета. URL: http://vz.ru/infographics/2016/1/27/790887.html (дата обращения: 21.08.2016).

Приложение 1.11

Ведущие страны мира по потреблению первичных коммерческих энергоресурсов (2014) [36, с. 39]

Место	Страна	Потребление, млн т нефтяного эквивалента (тнэ)	Структура потребления первичных энергоресурсов, %					
			нефть	газ	уголь	ядерная энергия	гидроэнергоресурсы	альтернативные
1	Китай	2972,1	17,5	5,6	66,0	1,0	0,1	1,8
2	США	2338,4	35,8	31,4	19,4	8,1	2,5	2,8
3	Россия	776,2	20,1	57,4	11,6	5,6	5,3	0,02
4	Индия	637,8	28,3	7,1	56,5	1,2	4,6	2,2
5	Япония	456,1	43,2	22,2	27,7	-	4,3	2,6
6	Канада	332,7	31,0	28,2	6,4	7,2	25,8	1,5
7	Германия	311,0	35,9	20,5	24,9	7,1	1,5	10,2
8	Бразилия	296,0	48,2	12,1	5,2	1,2	28,2	5,2
9	Республика Корея	273,2	39,5	15,7	31,0	13,0	0,3	0,4
10	Иран	252,0	37,0	60,8	0,5	0,4	1,4	0,03
11	Саудовская Аравия	239,5	59,3	40,7	-	-	-	-
12	Франция	237,5	32,4	13,6	3,8	41,5	6,0	2,7

Приложение 1.12

Тепловые электростанции России с установленной мощностью более 1 ГВт

№ п/п	Название	Собственник	Установленная мощность, МВт	Место размещения	Источник топлива	Год ввода в эксплуатацию
1	Сургутская ГРЭС-2	ПАО «Юнипро»	5597	г. Сургут, Ханты-Мансийский АО	Попутный нефтяной и природный газ	1985
2	Рефтинская ГРЭС	ПАО «Энел Россия»	3800	пос. Рефтинский, Свердловская обл.	Каменный уголь из Экибастуза, природный газ летом	1970
3	Костромская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	3600	г. Волгореченск, Костромская обл.	Природный газ	1969
4	Сургутская ГРЭС-1	ПАО «ОГК-2»	3268	г. Сургут, Ханты-Мансийский АО	Природный и попутный нефтяной газ	1972
5	Рязанская ГРЭС	ПАО «ОГК-2»	3070	г. Новомичуринск, Рязанская обл.	Природный газ	1973
6	Киришская ГРЭС	ПАО «ОГК-2»	2595	г. Кириши, Ленинградская обл.	Природный газ	1965
7	Конаковская ГРЭС	ПАО «Энел Россия»	2520	г. Конаково, Тверская обл.	Природный газ	1965
8	Ириклинская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	2430	Пос. Энергетик, Новоорский р-н, Оренбургская обл.	Природный газ, мазут	1970
9	Пермская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	2400	г. Добрянка, Пермский край	Природный газ	1986
10	Ставропольская ГРЭС	ПАО «ОГК-2»	2400	пос. Солнечнодольск, Ставропольский край	Природный газ, мазут	1975

Продолжение прил. 1.12

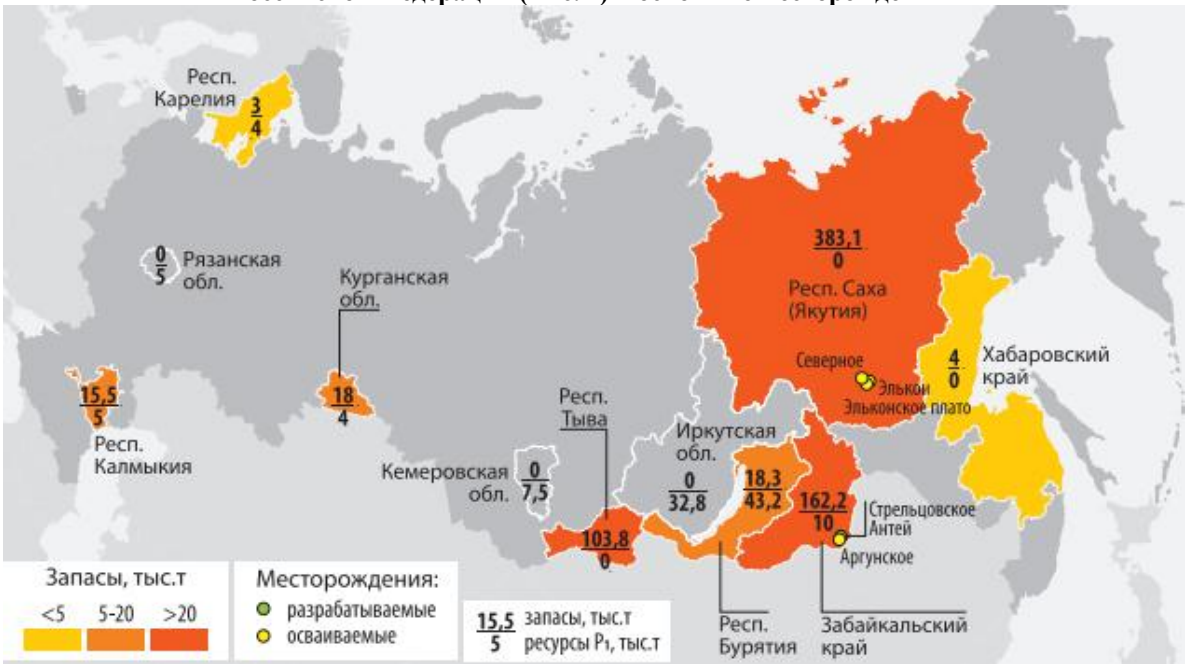
№ п/п	Название	Собственник	Установленная мощность, МВт	Место размещения	Источник топлива	Год ввода в эксплуатацию
11	Новочеркасская ГРЭС	ПАО «ОГК-2»	2235	г. Новочеркасск, Ростовская обл.	Природный газ, каменный уголь зимой	1965
12	Нижневартовская ГРЭС	ЗАО «Нижневартовская ГРЭС»	2013	пос. Излучинск, Нижневартовский р-н, ХМАО – Югра	Природный газ	1993
13	Каширская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	1910	г. Кашира, Московская обл.	Природный газ	1922
14	Черепетская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	1735	г. Суворов, Тульская обл.	Природный газ	1953
15	Южноуральская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	1587 (с учетом ГРЭС-2)	г. Южноуральск, Челябинская обл.	Природный газ, бурый уголь	1952
16	Невинномысская ГРЭС	ПАО «Энел Россия»	1530	г. Невинномысск, Ставропольский край	Природный газ	1960
17	Верхнетагильская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	1497	г. Верхний Тагил, Свердловская обл.	Природный газ	1950
18	Приморская ГРЭС	ОАО «Дальневосточная генерирующая компания»	1467	пос. Лучегорск, Приморский край	Бурый уголь	1974
19	ТЭЦ-22 Мосэнерго	ПАО «Мосэнерго»	1320	г. Дзержинский, Московская обл.	Природный газ, уголь	1960

Окончание прил. 1.12

№ п/п	Название	Собственник	Установленная мощность, МВт	Место размещения	Источник топлива	Год ввода в эксплуатацию
20	Няганская ГРЭС	ОАО «Фортум»	1302	г. Нягань, Ханты-Мансийский АО	Природный газ	2013
21	Троицкая ГРЭС	ПАО «ОГК-2»	1296	г. Троицк, Челябинская обл.	Уголь из Экибастуза	1960
22	Красноярская ГРЭС-2	ПАО «ОГК-2»	1254	г. Зеленогорск, Красноярский край	Бурый уголь	1961
23	Южная ТЭЦ (ТЭЦ-22)	ПАО «ТГК-1»	1207	г. Санкт-Петербург	Природный газ	1978
24	Гусиноозёрская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	1130	г. Гусиноозерск, Республика Бурятия	Бурый уголь	1976
25	Иркутская ТЭЦ-10	ПАО «Иркутскэнерго»	1110	г. Ангарск, Иркутская обл.	Природный газ, уголь	1959
26	Краснодарская ТЭЦ	ОАО «Лукойл-Кубаньэнерго»	1100	г. Краснодар	Природный газ, мазут	1954
27	Печорская ГРЭС	ПАО «Интер РАО»	1060	г. Печора, Республика Коми	Природный и попутный нефтяной газ	1979

Приложение 1.13

Распределение запасов и прогнозных ресурсов урана категории P_1 по субъектам Российской Федерации (тыс. т) и основные месторождения[1]



[1] Уран // Сырьевой комплекс России. 2012. URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/547/3_04_u.pdf (дата обращения: 19.08.2016).

Приложение 1.14

Атомные электростанции России

№ п/п	Название	Установленная мощность, МВт	Место размещения	Тип реактора	Год ввода в эксплуатацию	Статус
1	Курская АЭС-2	5020	пос. Макаровка, Курчатовский р-н, Курская область	ВВЭР-ТОИ, водо-водяной на тепловых нейтронах	-	Строящаяся
2	Ленинградская АЭС-2	4600	г. Сосновый Бор, Ленинградская обл.	ВВЭР-1200, водо-водяной на тепловых нейтронах	-	Строящаяся
3	Балаковская АЭС	4000	г. Балаково, Саратовская обл.	ВВЭР-1000, водо-водяной на тепловых нейтронах	1985	Действующая
4	Калининская АЭС	4000	г. Удомля, Тверская обл.	ВВЭР-1000, водо-водяной на тепловых нейтронах	1984	Действующая
5	Курская АЭС	4000	г. Курчатов, Курская обл.	РБМК-1000, графито-водный на быстрых нейтронах	1976	Действующая
6	Ленинградская АЭС	4000	г. Сосновый Бор, Ленинградская обл.	РБМК-1000, графито-водный на быстрых нейтронах	1973	Действующая
7	Нововоронежская АЭС	3034	г. Нововоронежск, Воронежская обл.	ВВЭР-1200, ВВЭР-1000, ВВЭР-440	1964	Действующая
8	Ростовская АЭС	3100	г. Волгодонск, Ростовская обл.	ВВЭР-1000, водо-водяной на тепловых нейтронах	2001	Действующая

Окончание прил. 1.14

№ п/п	Название	Установленная мощность, МВт	Место размещения	Тип реактора	Год ввода в эксплуатацию	Статус
9	Смоленская АЭС	3000	г. Десногорск, Смоленская обл.	РБМК-1000, графито-водный на быстрых нейтронах	1982	Действующая
10	Нововоронежская АЭС-2	2400	г. Нововоронежск, Воронежская обл.	ВВЭР-1200, водо-водяной на тепловых нейтронах	-	Строящаяся
11	Кольская АЭС	1760	г. Полярные Зори, Мурманская обл.	ВВЭР-440, водо-водяной на тепловых нейтронах	1973	Действующая
12	Белоярская АЭС	1464	пос. Заречный, Свердловская обл.	БМ-600, на быстрых нейтронах	1964	Действующая
13	Певекская АЭС (плавучая)	80	г. Певек, Чукотский авт. округ	ЭГП, графито-водяной	-	Строящаяся
14	Билибинская АТЭЦ	48	г. Билибино, Чукотский авт. округ	ЭГП-6, графито-водный	1974	Действующая

Приложение 1.15

Крупнейшие ГЭС России

№ п/п	Название	Река	Расположение	Год ввода первых гидроагрегатов	Установленная мощность, ГВт	Собственник
1	Саяно-Шушенская	Енисей	пос. Шушенское, Республика Хакасия	1978	6,4	ПАО «РусГидро»
2	Красноярская	Енисей	г. Дивногорск, Красноярский край	1967	6,0	АО «Евросибэнерго»
3	Братская	Ангара	г. Братск, Иркутская область	1961	4,5	АО «Евросибэнерго»
4	Усть-Илимская	Ангара	г. Усть-Илимск, Иркутская область	1974	3,8	АО «Евросибэнерго»
5	Богучанская	Ангара	г. Кодинск, Красноярский край	2012	3,0	ПАО «РусГидро»
6	Волжская	Волга	г. Волгоград	1958	2,65	ПАО «РусГидро»
7	Жигулёвская	Волга	г. Жигулёвск, Самарская область	1955	2,4	ПАО «РусГидро»
8	Бурейская	Бурея	пос. Талакан, Амурская область	2003	2,0	ПАО «РусГидро»
9	Чебоксарская	Волга	г. Новочебоксарск, Чувашская республика	1980	1,4	ПАО «РусГидро»
10	Саратовская	Волга	г. Балаково, Саратовская область	1967	1,4	ПАО «РусГидро»
11	Зейская	Зея	г. Зея, Амурская область	1975	1,3	ПАО «РусГидро»
12	Нижнекамская	Кама	г. Нижнекамск, Республика Татарстан	1979	1,25	ОАО «Генерирующая компания»

Окончание прил. 1.15

№ п/п	Название	Река	Расположение	Год ввода первых гидроагрегатов	Установленная мощность, ГВт	Собственник
13	Воткинская	Кама	г. Чайковский, Пермский край	1961	1,0	ПАО «РусГидро»
14	Чиркейская	Сулак	пос. Дубки, Республика Дагестан	1974	1,0	ПАО «РусГидро»

Приложение 2.1

Крупнейшие российские вертикально интегрированные предприятия в металлургии

Название	Год основания	Количество занятых, тыс.	Производственные мощности	Основные показатели деятельности
Evraz Group S.A.	1992	90,0	Качканарский ГОК, Евразруда (Кемеровская обл.)., Тульский ванадиевый завод, Нижнетагильский МК, Объединенный Западно-Сибирский МК	14,3 млн т стали (2015), 100% ванадиевого концентрата, 90% производства рельс в России
ПАО «Северсталь»	1993	50,0	ОАО «Карельский окатыш», Оленегорский ГОК, Череповецкий металлургический завод, Ижорский трубный завод, Северсталь-метиз, трубопрофильный завод «Шексна»	11,6 млн т стали, 15 млн т железорудного концентрата, 600 тыс. т трубной продукции (2015)
Группа предприятий «Новолипецкий металлургический комбинат»	1992	60,0	ПАО «НЛМК», ОАО «Стойленский ГОК», «Алтай-кокс», «Нижнесергинский метизно-металлургический завод», а также активы в Бельгии, США, Франции и пр. странах	22% на рынке отечественной стали, 100% трансформаторной стали, 36% хладнокатанного проката
ПАО «Мечел»	2003	20,0	АО «Коршуновский ГОК», ПАО «Челябинский металлургический завод», «Уральская кузница», ОАО «Московский коксогазовый завод», «Ижсталь», «Южно-Уральский никелевый комбинат», АО «Белорецкий металлургический комбинат», ЗАО «Вяртсильский метизный завод», ООО «Братский завод ферросплавов», «Каслинский завод архитектурно-художественных изделий»	25% добычи коксующихся углей России, 18% стали и проката на внутреннем рынке, производство тепло- и электроэнергии

Продолжение прил. 2.1

Название	Год основания	Количество занятых, тыс.	Производственные мощности	Основные показатели деятельности
Магнитогорский металлургический комбинат	1992	Более 50, 0	ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», Бакальский ГОК, активы за рубежом	12,2 млн т металлов, 11,2 млн т товарной продукции (2015)
АО «Объединенная металлургическая компания»	1992	30,0	АО «Чусовской металлургический завод», ПАО «Выксунский металлургический завод», ОАО «Альметьевский трудный завод», «Трубдеталь», «Благовещенский арматурный завод», активы в США	Производство трубной продукции большого диаметра
ОАО «Трубная металлургическая компания»	2001	45,0	ОАО «Волжский трубный завод», «Синарский трубный завод», ПАО «Северский трубный завод», «Таганрогский металлургический завод», активы в Румынии, США, Омане, Казахстане, ОАЭ и пр.	4,3 млн т труб (2013). Объединяет 4 завода из «Большой трубной восьмерки» России
Группа «Челябинский трубопрокатный завод»	2002	25,0	ПАО «Челябинский трубопрокатный завод», ОАО «Первоуральский новотрубный завод», «Ижнефтемаш»	20% рынка трубных изделий России
ПАО Горно-металлургическая компания «Норильский никель»	1989	21,0	Норильский горно-металлургический комбинат (Норильск, Талнах, Кайеркан, Дудинка), АО «Кольская горно-металлургическая компания» (гг. Заполярный, Мончегорск, пос. Никель), Красноярский завод цветных металлов им. А. Гулидова	30% мирового производства палладия, 22 % – никеля (в России – 95%), более 10% – кобальта (в РФ – 96%), 9% платины (в России – 100%), 3% – меди (в России – 55%)

Окончание прил. 2.1

Название	Год основания	Количество занятых,тыс.	Производственные мощности	Основные показатели деятельности
Объединенная компания «Русский алюминий»	2007	61,0	Заводы в Братске, Красноярске, Саяногорске, Новокузнецке, Краснотурьинске, Волхове, Волгограде, Шелехове, Кандалакше, Надвоицах, Каменск-Уральском, глиноземное производство в Ачинске, Бокситогорске, добыча нефелинов и бокситов, активы в Австралии, Армении, Гайане, Гвинее, Ирландии, Италии, Нигерии, Украине, Швеции, Ямайке	11,5 млн т глинозема (100% производства в России), 4 млн т алюминия (100% производства в России)
ПАО «Корпорация ВСМПО-Ависма»	1992	20,2	Филиалы ПАО «Корпорация ВСМПО-Ависма» в г. Березники и Верхняя Салда	Крупнейший в мире производитель титана (30 тыс. т, 90% производства в России), производство титановой губки (44 тыс. т), 30% российского магния, поставки в 48 стран мира
ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (УГМК)	1999	70,0	Бурибаевский, Гайский, Учалинский ГОКи, ООО «Башкирская медь», Богословское рудоуправление, «Сибирь – Полиметаллы», ОАО «Среднеуральский металлургический завод», «Святогор», ООО «Башкирский медно-серный комбинат», «Медногорский медно-серный комбинат», ПАО «Электроцинк», ОАО «Челябинский цинковый завод», ПАО «Надеждинский металлургический завод»	На УГМК приходится 25 % российского рынка проката цветных металлов, более 50 % европейского рынка медных порошков. Компания выпускает также изделия из порошка, медную катанку, прокат цветных металлов, химическую продукцию, кабельную продукцию, посуду, столовые приборы, подстаканники и пр.

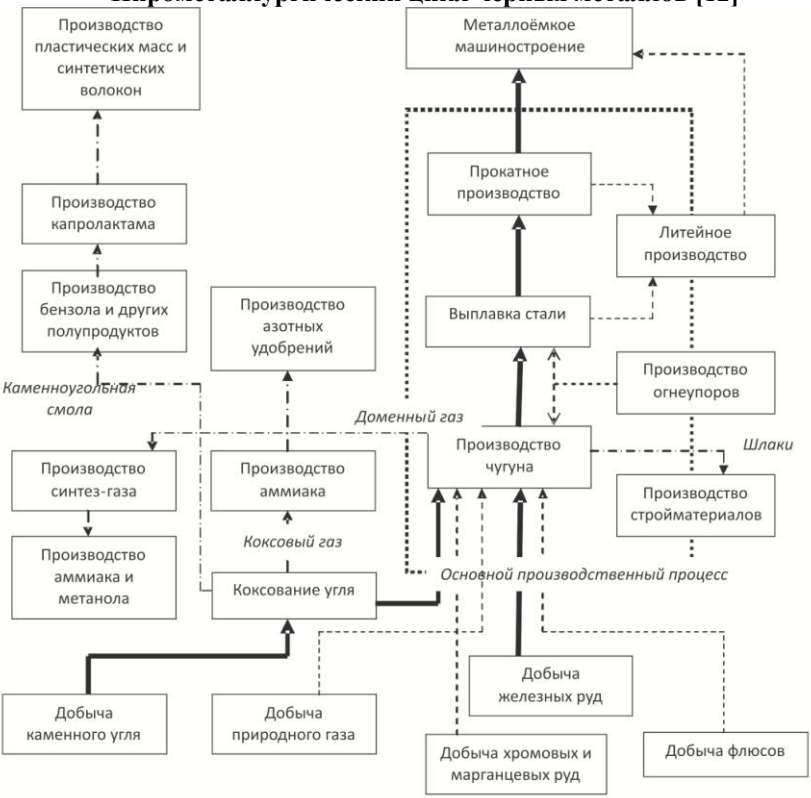
Приложение 2.2

Основные месторождения железа и распределение добычи железной руды по субъектам РФ, 2012, млн т[1]

[1] Железные руды // Сырьевой комплекс России. 2012. URL: http://www.mineral.ru/Facts/russia/161/529/3_05_fe.pdf (дата обращения: 19.08.2016).

Приложение 2.3

Пирометаллургический цикл черных металлов [12]



ХАРАКТЕР ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ: ***связи по комбинированию, в т.ч.***

———— - при последовательной обработке сырья
---------- - материально-технические связи по снабжению и подготовке
-·-·-·- - при утилизации отходов производства

Деление производственных связей по значению на основные, дополнительные и побочные обозначено толщиной линии

Приложение 2.4,а

Доля различных процессов в общем объеме выплавляемой стали в мире и странах СНГ,%[1]

	Кислородно-конвертерный	Электросталеплавильный	Мартеновский (скрап-рудный процесс)	Мартеновский (скрап процесс)
Доля в мире	69,8	29,0	1,2	
Доля в странах СНГ	64,6	21,1	14,3	

Приложение 2.4,б

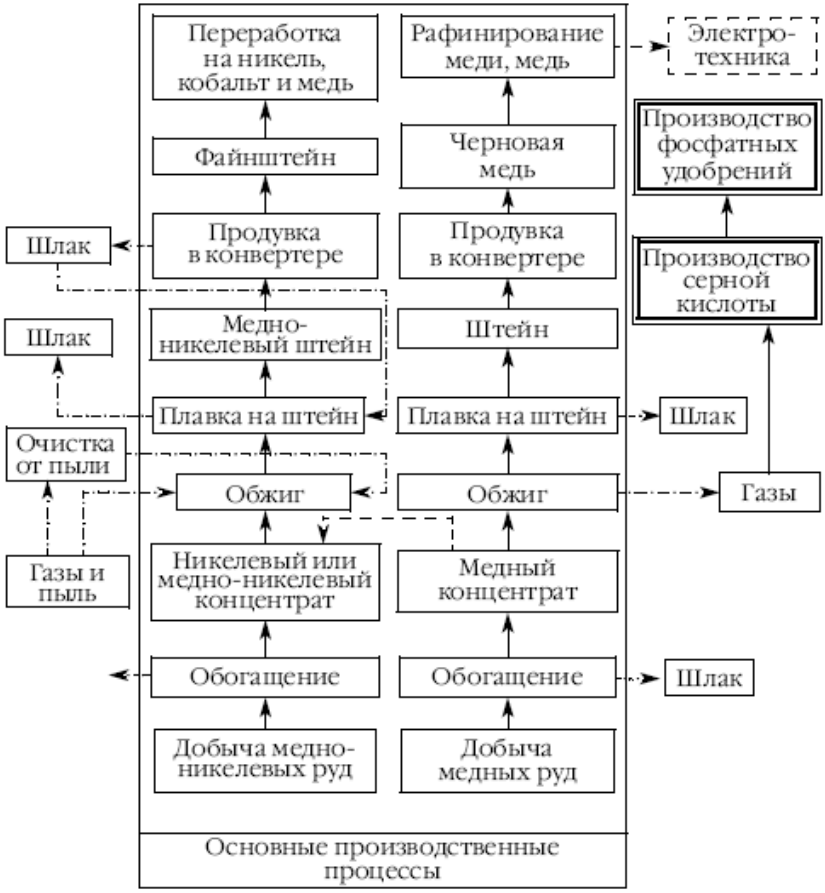
Состав шихты для выплавки стали в соответствии с различными процессами, %[1]

Компоненты шихты	Кислородно-конвертерный	Электросталеплавильный	Мартеновский (скрап-рудный процесс)	Мартеновский (скрап процесс)
Жидкий чугун	75–80	0–30	25–55	
Лом черных металлов	20–25	30–100	25–75	
Чугун чушковый	-	0–5	5–15	
Металлизованное сырье	-	0–70	-	
Максимальная доля лома в металлошихте, %	28	100	45	75

[1] *Неделин С.В.* Тенденции развития современной металлургии и новые процессы получения железа // Методический и просветительский портал для специалистов Metalspace.ru. URL: http://www.metalspace.ru/production-science/technology/iron-furnace/28-tendentsii-razvitiya-sovremennoj-metallurgii-i-novye-protsessy-polucheniya-zheleza.html (дата обращения: 21.08.2016)

Приложение 2.5

Пирометаллургический цикл цветных металлов [12]



Приложение 3.1

Крупнейшие российские вертикально интегрированные машиностроительные корпорации

Группа предприятий	Штаб-квартира	Отношение к комплексу	Основные предприятия
Объединенная промышленная корпорация «Оборонпром»	Москва	Военно-транспортное машиностроение	ОАО «Вертолёты России», ОАО «Объединённая двигателестроительная корпорация», ОАО «Оборонительные системы», ОАО «Промышленный комплекс “Автокомпоненты”» и пр.
ОАО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей»	Москва	Производство и модернизация зенитно-ракетного и радиолокационного оборудования и его компонентов (основная сфера деятельности концерна – противовоздушная оборона)	Объединяет различные ОКБ (ОАО «Головное системное конструкторское бюро Концерна ПВО «Алмаз-Антей» им. академика А.А. Расплетина», ОАО «Научно-исследовательский институт им. В.В. Тихомирова» и пр.), а также производителей – ОАО «Вятское машиностроительное предприятие «АВИТЕК», ОАО «Ижевский электромеханический завод “Купол”», Обуховский завод, ОАО «Завод радиотехнического оборудования» и пр.
ЗАО «Трансмашхолдинг»	Москва	Железнодорожное машиностроение	ОАО «Тверской вагоностроительный завод», ООО ПК «Новочеркасский электровозостроительный завод», ОАО «Метровагонмаш», ОАО «Ордена Трудового Красного Знамени Демиховский машиностроительный завод», ПАО «Луганскстепловоз» и пр.
ОАО «Соллерс»	Москва	Автомобилестроение	ОАО «Ульяновский автомобильный завод», ОАО «Заволжский моторный завод», ОАО «Соллерс – Набережные Челны», ООО «Соллерс - Елабуга»

Окончание прил. 3.1

Группа предприятий	Штаб-квартира	Отношение к комплексу	Основные предприятия
ОАО «Научно-производственная корпорация “Уралвагонзавод”»	Нижний Тагил	Транспортное, военное, дорожно-строительное машиностроение	«Уралвагонзавод», ОАО «Уральский завод транспортного машиностроения», ОАО «Рубцовский машиностроительный завод», ОАО «Электромашиностроительный завод ЛЕПСЕ», ООО «Уральский тракторный завод – УралТрак», ОАО «Томский электротехнический завод», различные КБ – ОАО «Конструкторское бюро транспортного машиностроения», ОАО «Центральный НИИ “Буревестник”» и пр.
ОАО «Силовые машины»	Санкт-Петербург	Энергетическое машиностроение	Ленинградский металлический завод, Завод «Электросила», Завод турбинных лопаток, ОАО «Таганрогский котлостроительный завод “Красный Котельщик”»
ООО Компания корпоративного управления «Концерн “Тракторные заводы”»	Чебоксары	Оборудование для различных отраслей хозяйства	ОАО «Алтайский моторный завод», ООО «Владимирский моторно-тракторный завод», ОАО «Онежский тракторный завод», ОАО «Красноярский завод лесного машиностроения», ОАО «Липецкий завод гусеничных тягачей», ОАО «Тракторная компания “ВгТЗ”» и др.

Приложение 3.2

Объединенные машиностроительные корпорации, созданные государством для развития отрасли

Корпорация	Штаб-квартира	Год основания	Количество предприятий	Основная цель создания	Официальный сайт
АО «Объединенная приборостроительная корпорация»	Москва	2014	Более 50 предприятий	Организация высокотехнологического производства конкурентоспособной продукции в области систем связи, АСУ, радиоэлектронной безопасности и роботизированных комплексов, отвечающих потребностям Вооруженных сил и других специальных формирований, а также конкурентоспособной продукции гражданского и двойного назначения	opkrt.ru
АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»	Москва	2008	48 предприятий, включающие филиалы отдельных фирм	Развитие отечественного военного и гражданского двигателестроения, а также газотурбинных установок для производства тепловой и электрической энергии	uecrus.com
ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация»	Москва	2006	24 компании, объединяющие крупнейшие авиапредприятия РФ и специальные НИИ	Сохранение и развитие научно-промышленного потенциала в области авиастроения России	uac.defences.ru

Окончание прил. 3.2

Корпорация	Штаб-квартира	Год основания	Количество предприятий	Основная цель создания	Официальный сайт
АО «Объединенная ракетно-космическая корпорация»	Москва	2014	48 предприятий, включая специальные НИИ и ОКБ, самостоятельные ракетно-космические предприятия	Разработка, производство, испытания, поставка, модернизация и реализация ракетно-космической техники, сопровождение ее экспорта, гарантийное и сервисное обслуживание	rosorkk.ru
АО «Объединенная судостроительная корпорация»	Санкт-Петербург	2007	40 конструкторских и НИ институтов, судостроительные и судоремонтные предприятия	Обеспечение потребностей отечественных компаний в различных видах судов, установление режимов защиты отечественного судостроения	aopsk.ru

Приложение 3.3

Локальные машиностроительные комплексы России, ориентирующиеся преимущественно на использование квалифицированной рабочей силы и научную базу

Комплекс	Вид машиностроения	Крупнейшие предприятия
Московский	Авиационное и ракетно-космическое	АО «Российская самолетостроительная компания “МиГ”», «Государственное машиностроительное конструкторское бюро “Вымпел”», «Московское машиностроительное предприятие им. В.В. Чернышева», ФГУП «Государственный космический НИ центр им. М.В. Хруничева»
	Военное	ПАО «НПО “Алмаз”» им. А.А. Расплетина, АО «Морской НИИ радиоэлектроники «Альтаир», «Московский машиностроительный завод “Авангард”» (входят в корпорацию «Алмаз-Антей»)
	Электроприборостроение	ОАО «Электрозавод», ООО «Московский завод “Электрощит”»
	Автомобилестроение	ЗАО «Рено Россия»
	Вагоностроение	ОАО «Метровагонмаш» (г. Мытищи)
Санкт-Петербургский	Судостроение	ОАО «Судостроительный завод “Северная верфь”», АО «Адмиралтейские верфи», ООО «Балтийский завод – Судостроение», АО «Средне-Невский судостроительный завод»
	Электротехническое	ПАО «Ижорские заводы» (г. Колпино), Завод «Электросила» – филиал ПАО «Силовые машины», Ленинградский металлический завод – завод ПАО «Силовые машины», ОАО «Завод турбинных лопаток», «Севкабель», АО «Завод “Электропульт”»
	Оптико-электронная промышленность	ПАО «Светлана», АО «Ленинградское оптико-механическое объединение им. В.И. Ленина»
	Сельскохозяйственное	ОАО «Кировский завод»
	Железнодорожное	ООО «Вагонмаш»
Санкт-Петербургский	Автомобилестроение	ЗАО «Форд Мотор Компани» (г. Всеволожск), ООО «Тойота Мотор Мануфакчуринг Россия», «Сузуки Мотор РУС», «Скания-Русь», «Хёндэ Мотор СНГ», «Ниссан Мотор РУС»

Продолжение прил. 3.3

Комплекс	Вид машиностроения	Крупнейшие предприятия
Нижегородский	Автомобилестроение	ПАО «Горьковский автомобильный завод», ОАО «Красная Этна»
	Судостроение	АО «Судостроительный завод “Красное Сормово”»
	Авиационное	ПАО «НАЗ “Сокол”», Нижегородское ОАО «Гидромаш», «Павловский машиностроительный завод “Восход”», «Гидроагрегат», ПАО «ПКО “Теплообменник”», АО «НПЦ газотурбостроения “Салют”»
	Военное	ПАО «Нижегородский машиностроительный завод», ОАО «Завод им. Г.И. Петровского»
	Двигателестроение	ОАО «РУМО»
	Радиоэлектронное	ОАО «Нижегородский телевизионный завод им. В.И. Ленина» (НИТЕЛ), «Горьковский завод аппаратуры связи им. А.С. Попова»
Казанский	Авиационное	ПАО «Казанский вертолетный завод», «Казанский авиационный завод имени С.П. Горбунова» - филиал ПАО «Туполев», ОАО «Казанское моторостроительное производственное объединение»
	Оптико-электронное	ОАО «Казанский оптико-механический завод»
	Электротехническое	ОАО «Казанский электротехнический завод», «Элекон»
	Приборостроение	ОАО «Теплоконтроль»
	Изготовление производственного оборудования	ОАО «Казанский завод компрессорного машиностроения», ФКП «Казанский завод точного машиностроения», ЗАО «Кулонэнергомаш»
Пермский	Военное	ПАО специального машиностроения и металлургии «Мотовилихинские заводы»
	Авиационное и ракетно-космическое	АО «ОДК – Пермские моторы», ОАО «Авиадвигатель», «Редуктор-ПМ», «Пермское агрегатное объединение “Инкар”», «Протон – ПМ», АО «Пермский завод “Машиностроитель”», ПАО «НПО “Искра”»

Продолжение прил. 3.3

Комплекс	Вид машиностроения	Крупнейшие предприятия
Пермский	Оборудование для добычи подземной добычи топливных полезных ископаемых	ОАО «Уралгорнефтемаш», ООО «Искра-Турбогаз», «ВНИИБТ – Буровой инструмент», ЗАО «Новомет-Пермь», «ЭЛКАМ-Нефтемаш», «Пермская компания нефтяного машиностроения»
	Электротехническое	ПАО «Морион», ООО «Иолла», «Камский кабель», «Энергощит», «Пермский завод электромеханических изделий», ОАО «Пермский электромеханический завод “Кама”», Пермский электротехнический завод “Быкофф-Энерго”»
	Приборостроение	ОАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания», ФГУП «ОКБ “Маяк”», «Позитрон»
Самарско-Тольяттинский	Авиационное и ракетно-космическое	ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королева», АО «Авиаагрегат», ПАО «Авиакор», АО «Ракетно-космический центр «Прогресс», ОАО «Кузнецов», ЗАО «Завод аэродромного оборудования», «Гидроавтоматика»
	Автомобилестроение	ОАО «АВТОВАЗ», ЗАО «Джи Эм АВТОВАЗ», «ВАЗИНТЕРСЕРВИС», ОАО «Тольяттинский завод технологического оснащения», АО «ПК Автокомпонент – Тольятти», ООО «Форесия-Металлопродукция Икзост Систем»
	Производство электрооборудования	ПАО «Завод имени А.М. Тарасова»
	Электротехническое	ЗАО «Самарская кабельная компания», «Электрощит-Самара», ОАО «Росскат», ООО «Тольяттинский трансформатор»
	Оборудование для горной добычи и добычи нефти	ООО «НПО “Самарский машиностроительный завод”», АО «Тяжмаш» (г. Сызрань), ОАО «Волгабурмаш», «Сызранский завод нефтяного машиностроения»
	Железнодорожное	ООО «Машиностроительная компания “Титан”»

Окончание прил. 3.3

Комплекс	Вид машиностроения	Крупнейшие предприятия
Новосибирский	Инструментальное приборостроение	ОАО «Новосибирский инструментальный завод»
	Авиационное	ПАО «Новосибирский авиационный завод имени В.П. Чкалова», ФГУП «Сибирский НИИ авиации имени А.С. Чаплыгина»
	Военное	АО «Швабе – Оборона и Защита», «Катод»
	Электротехническое	ОАО «НПО “ЭЛСИБ”», ЗАО «Сибирский электротехнический завод»
	Радиоэлектронное	ОАО «Электросигнал», АО «НИИ электронных приборов»
	Производство промышленного оборудования	ОАО «Тяжстанкогидропресс», «Сиблитмаш», «Сибирский завод электротермического оборудования»
Омский	Авиационное и ракетно-космическое	ФГУП «Производственное объединение “Полет”», ОАО «Высокие технологии», АО «Омский завод гражданской авиации», ООО «Авиаремонтное предприятие “Мотор”», «Омское моторостроительное объединение имени П.И. Баранова» - филиал АО «НПЦ газотурбостроения “Салют”», ОАО «Омское моторостроительное конструкторское бюро»
	Военное	АО «Омский завод транспортного машиностроения»
	Радиолокационное, электронное приборостроение	АО «Омское производственное объединение “Иртыш”», ОАО «Омский приборостроительный завод им. Н.Г. Козицкого», «Омское производственное объединение “Радиозавод имени А.С. Попова”», ООО «НПО “Мир”», ОАО «Омский НИИ приборостроения», «Центральное конструкторское бюро автоматики»

Приложение 3.4

Локальные машиностроительные комплексы России, ориентирующиеся как на сырьевую базу, так и на квалифицированную рабочую силу

Комплекс	Вид машиностроения	Крупнейшие предприятия
Белгородский	Горно-шахтное машиностроение	ОАО «Белгородский завод горного машиностроения»
	Электротехническое	ООО «Белгородский завод энергетического машиностроения», «Белгородский электромеханический завод», «Электромашина»
	Сельскохозяйственное	ОАО «Белгородский завод “Ритм”»
	Производство промышленного оборудования	ООО «Белгородский механический завод»
Волгоградский	Военное	АО «Федеральный научно-производственный центр “Титан-Баррикады”»
	Военное и сельскохозяйственное	ОАО «Тракторная компания “Волгоградский тракторный завод”»
	Нефтепромысловое	ОАО «Волгограднефтемаш», «Волгоградский моторостроительный завод», ООО «Волгоградский завод буровой техники»
Воронежский	Авиационное и ракетно-космическое	ПАО «Воронежское акционерное самолетостроительное общество», Воронежский механический завод – филиал ФГУП «ГКНПЦ имени М.В. Хруничева»
	Железнодорожное	Воронежский тепловозоремонтный завод – филиал АО «Желдорремаш», Воронежский вагоноремонтный завод – филиал АО «Вагонреман»
	Горно-шахтное	ООО «УГМК Рудгормаш – Воронеж»
	Производство технологического оборудования	ОАО «Завод по производству тяжелых механических прессов» (Тяжмехпресс)
	Сельскохозяйственное	ООО «Воронежсельмаш»

Продолжение прил. 3.4

Комплекс	Вид машиностроения	Крупнейшие предприятия
Екатеринбургский	Военное	АО «Уральский завод транспортного машиностроения», ПАО «Машиностроительный завод им. М.И. Калинина»
	Производство технологического оборудования	ПАО «Уральский завод тяжелого машиностроения», ООО «Уралмаш НГО Холдинг», АО «Уральский завод химического машиностроения», «Уральский компрессорный завод», ЗАО «Екатеринбургские лесные машины», ОАО «Пневмостроймашина», ООО «Машиностроительный завод им. В.В. Воровского», ЗАО «Завод дефибрерных камней»
	Электротехническое	ЗАО «Уральский турбинный завод», АО «Уралэлектротяжмаш», «Уралкабель», ФГУП «Уральский электромеханический завод»
	Авиационное	ОАО «Уральский завод гражданской авиации»
	Оптико-электронное	АО «ПО “Уральский оптико-механический завод им. Э.С. Яламова”», ОАО «НПО автоматики им. Н.А. Семихатова», Уральский электронный завод (компания Mirex), ООО «Уральский завод точной механики», АО «Уральский приборостроительный завод», «Уральское производственное объединение “Вектор”»
Красноярский	Промышленное и торговое оборудование	ОАО «Красноярский завод холодильников “Бирюса”», ООО «Завод “Айсберг”», «Красноярский котельный завод»
	Транспортное	АО «Красноярский электровагоноремонтный завод», ООО «Красноярские машиностроительные технологии»
	Лесопромысловое	ОАО «Красноярский завод лесного машиностроения»
	Нефтепромысловое	АО «Красноярский машиностроительный завод»
Липецкий	Электротехническое и приборостроение	ЗАО «Индезит интернэшнл», ЗАО «Боринское», ООО «Производственная компания “Рационал”», ООО «ЛПО “Электроаппарат”»
	Тяжелое машиностроение	ООО «Липецкий завод гусеничных тягачей»
	Сельскохозяйственное	ОАО «Липецкоблснаб», ООО «Квернеланд групп»

Окончание прил. 3.4

Комплекс	Вид машиностроения	Крупнейшие предприятия
Липецкий	Производство технологического оборудования	ОАО «Липецкий опытно-экспериментальный завод «Гидромаш», ЗАО «Липецкое станкостроительное предприятие», ОАО «Станкопром»
Нижнетагильский	Транспортное (железнодорожное и военное)	АО «Научно-производственная корпорация “Уралвагонзавод”», «Уральское конструкторское бюро транспортного машиностроения»
	Производство промышленного оборудования	ОАО «Нижнетагильский котельно-радиаторный завод», ООО «ПК “Нижнетагильский машиностроительный завод”»
Оренбургский	Горно-шахтное	ОАО «Завод бурового оборудования»
	Железнодорожное	Оренбургский локомотиворемонтный завод – ФЛ АО «Желдорреммаш»
	Военное	АО «Производственное объединение “Стрела”»
	Производство технологического оборудования	ОАО «Оренбургский станкозавод», «Гидропресс»
Ростово-Таганрогский	Военное	ОАО «Таганрогский завод “Прибой”», «Красный гидропресс»
	Сельскохозяйственное	ОАО «Ростсельмаш»
	Авиационное	ПАО «Росвертол», ОАО «Таганрогская авиация», ПАО «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс имени Г.М. Бериева»
	Энергетическое	ОАО «Таганрогский КЗ “Красный котельщик”»
	Производство радионавигационной аппаратуры и аппаратуры связи	ОАО «Горизонт», АО «Алмаз» - филиал АО «Концерн «Созвездие», ОАО «Ростовский завод “Прибор”», «Таганрогский НИИ связи», «Конструкторское бюро “Связь”»
Челябинский	Автомобилестроение	ПАО «Уралавтоприцеп»
	Приборостроение	ОАО «Челябинский часовой завод “Молния”»
	Тракторостроение и производство дорожной и крановой техники	ООО «Челябинский тракторный завод – Уралтрак», ЗАО «Челябинские дорожные строительные машины», Нязепетровский филиал ООО «Литейно-механический завод», ОАО «Челябинский механический завод»
	Производство технологического оборудования	ПАО «Челябинский кузнечно-прессовый завод», ООО «Станкомаш»

Приложение 3.5

Основные разработчики и производители отечественных роботов

Предприятие	Штаб-квартира	Основное производство
ФГАНУ «Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики»	Санкт-Петербург	Мехатроника, мобильные робототехнические комплексы, кибернетика космического, морского, воздушного и наземного базирования, роботы и манипуляторы для работы в экстремальных условиях
ЗАО «Центр высоких технологий в машиностроении при МГТУ им. Н.Э. Баумана»	Москва	Роботы-саперы, разведчики, сухопутные боевые роботы, шагающие роботы
ОАО «НИКИМТ-Атомстрой»	Москва	Мобильные роботы и системы управления ими
ФГУ «Федеральный научный центр НИИ системных исследований РАН»	Москва	Транспортные роботы, роботизированное оборудование для производства ЭВМ, программное обеспечение
ОАО «НПО “Андроидная техника”»	Москва	Роботы-андроиды, боевые роботы-аватары
ФГУП «Центральный НИИ машиностроения»	Королев, Московская обл.	Космический антропоморфный робот SAR-400 для работы на Луне
ОАО «ЦНИИТОЧМАШ» Госкорпорации Ростех	Климовск, Московская обл.	Роботизированные обзорно-прицельные приборы для воздушных и наземных носителей вооружения и военной техники
Специальное проектно-конструкторское бюро промышленной автоматики	Ковров, Владимирская обл.	Мобильный робот-вездеход «Варан»
Группа предприятий АО «Ижевский радиозавод»	Ижевск	Мобильный робототехнический комплекс МРК-002-БГ-57, способный уничтожать стационарные и подвижные цели, роботизированный комплекс-сапер
ОАО «НИ технологический институт “Прогресс”»	Ижевск	Роботизированный комплекс «Платформа-М»
ФГБУН «Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН»	Москва	Шагающие роботы, роботы на колесах или на присосках (для перемещения по поверхностям произвольного наклона), роботы, двигающиеся внутри труб, мини-

Окончание прил. 3.5

Название предприятия	Штаб-квартира	Основное производство
ФГБУН «Институт проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН»	Москва	атюрные мобильные промышленные роботы
ООО «СМП-Роботикс»	Зеленоград, Московская область	Роботы-патрульные «Трал Патруль 3.1»

Приложение 4.1

Основные породы древесины северного лесного пояса*

Дерево	Устойчивость к разрушению грибами	Твердость по шкале Янка
Хвойные		
Ель	невысокая	660
Лиственница	от умеренной до невысокой	1200
Пихта	невысокая	350-500
Сосна	от умеренной до невысокой	380-1240
Тис	высокая	1200
Лиственные		
Береза	низкая	1260
Бук	низкая	1300
Граб	низкая	1860
Грецкий орех	умеренная	1010
Дуб	высокая	1360
Клён	низкая	1450
Липа	низкая	400
Ольха	низкая	590
Осина	низкая	420
Ясень	высокая	2100

*Составлено на основе: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_пород_древесины

Приложение 4.2

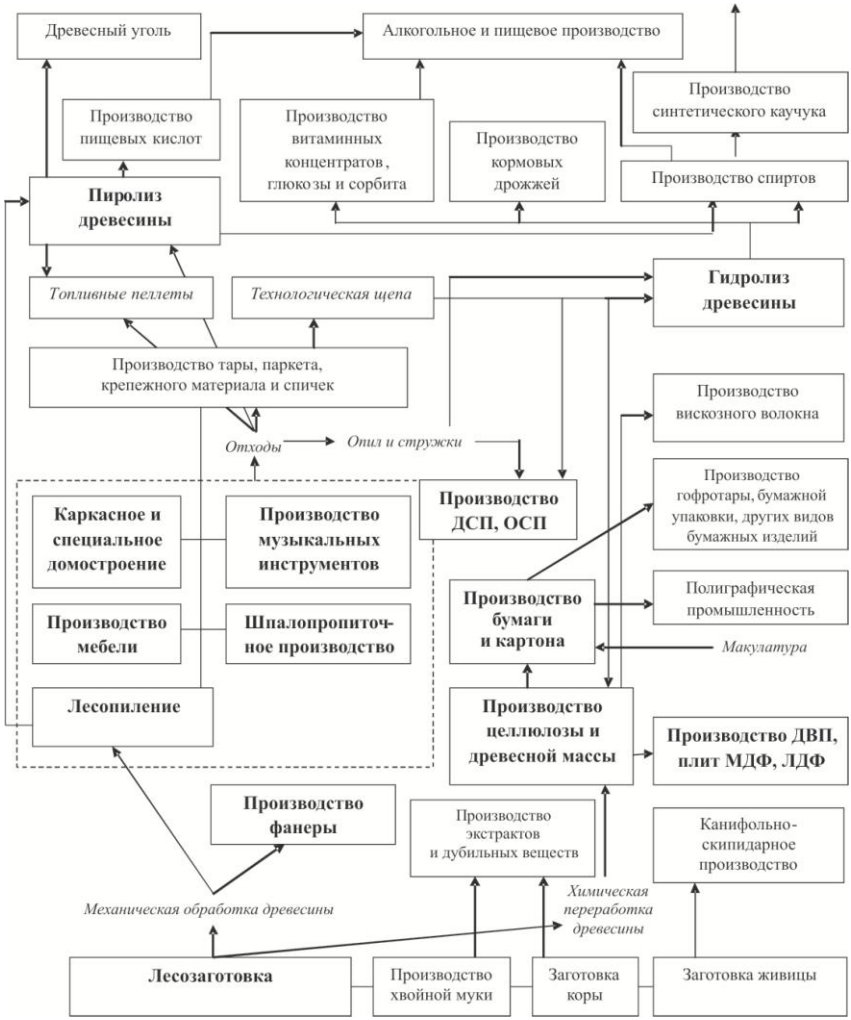
Основные породы древесины южного лесного пояса*

Дерево	Ареал распространения	Твердость по шкале Янка
Бальсовое	Южная Америка	100
Венге	Африка	1630
Квебрахо	Южная Америка	н.д.
Лимба	Африка	490
Махагони настоящее	Центральная Америка	800
Махагони хая	Африка	830
Розовое	Южная Америка	2720
Эбеновое	Тропическая Африка, Азия	1720

*Составлено на основе: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_пород_древесины

Приложение 4.3

Лесоэнергопромышленный цикл



Приложение 4.4

Крупнейшие российские компании – производители и экспортеры лесопродукции

Компания	Владелец	Производственные мощности
ОАО «Группа “Илим”»	Ilim Holding SA (Швейцария); 50% акций принадлежит американской International Paper	60% российского рынка целлюлозы, 25% картона; филиал в г. Коряжма (бывший Котласский ЦБК), филиалы в г. Братск, Усть-Илимск (бывшие ОАО «Братсккомплексхолдинг» и «Усть-Илимский ЛПК»), ОАО «Илим Гофра»
ООО «Илим Тимбер»		Второй по мощности производитель пиломатериалов в России и Европе; ОАО «Усть-Илимский ЛДЗ», производства пиломатериалов в Германии, фанеры в Братске
АО «Монди Сыктывкарский ЛПК»	Neusiedler Holdings B.V (Нидерланды)	Сыктывкарский ЦБК, производящий офисную бумагу «Снегурочка» и картон
Segezha Group	Финансово-промышленная группа ОАО «АФК система» (Россия)	Российский лидер в экспорте и производстве пиломатериалов. Около 50 предприятий в 13 странах мира, в т.ч. АО «Сегежский ЦБК», ПАО «Сокольский ЦБК», ООО «Вятский фанерный комбинат», АО «Онежский ЛДК», «Сегежский ЛДК», «Лесосибирский ЛДК №1», ООО «Медвежьегорский ЛПХ», ОАО «Сегежская упаковка», ОАО «Карелия ДСП» и пр.
ЗАО «Интернешнл Пейпер»	International Paper Group (США)	Светогорский ЦБК, Ленинградская область, один из крупнейших в России производителей офисной бумаги А3 и А4
ОАО «Архангельский ЦБК	Pulp Mill Holding (Австрия)	Архангельский ЦБК, упаковочные производства в Истре и Подольске
ОАО «Кондопога»	ООО «Карелия Палп» (Россия)	Кондопожский ЦБК

Окончание прил. 4.4

Компания	Владелец	Производственные мощности
Группа «Свеза»	ПАО «Северсталь» (Россия)	Крупнейший производитель фанеры и ДСП в России, один из мировых лидеров: Свеза-Усть-Ижора (Усть-Ижорский фанерный ком-т), Свеза-Кострома (Фанплит), Свеза-Новатор (Великоустюжский ком-т), Свеза-Мантурово, Свеза-Уральский (Пермский фанерный ком-т), Свеза-Верхняя Синячиха
АО «Соликамск-бумпром»		Соликамский целлюлозно-бумажный комбинат (Пермский край), один из крупнейших в России производителей газетной бумаги

Приложение 5.1

Крупнейшие производители химической продукции в России

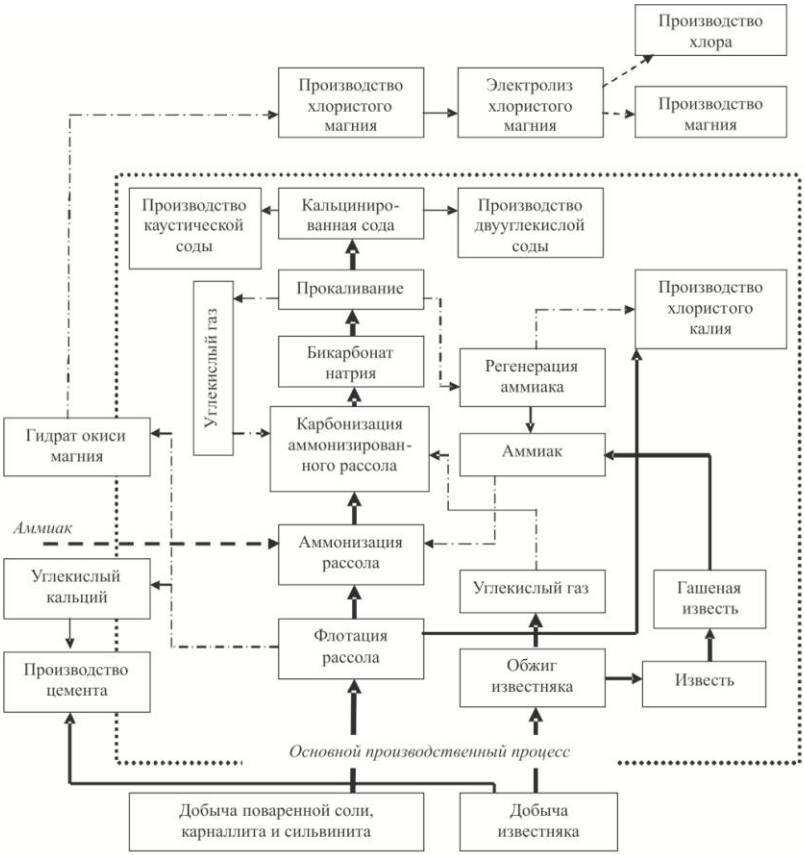
Компания	Специализация	Предприятия и их размещение
ПАО «Сибур Холдинг»	Крупнейший в России производитель синтетических каучуков, полимеров. Переработка попутного нефтяного газа	Тобольская промышленная площадка, ООО «Сибур-Кстово», «Томскнефтехим», ОАО «Сибур-Нефтехим» (Дзержинск), АО «Сибур-Химпром» (Пермь), ОАО «ПОЛИЭФ» (Благовещенск), «Уралоргсинтез» (Чайковский), «Сибур-ПЭТФ» (Тверь), «Воронежсинтезкаучук», «Красноярский завод синтетического каучука», ООО «Тольяттикаучук» и др. Общее количество работающих – 25 тыс. чел.
EuroChem Group AG (ЕвроХим) (Швейцария)	Крупнейший в России производитель азотных минеральных удобрений (2% мирового производства), добыча апатито-фосфоритового сырья, железных руд	ОАО «Промышленная группа “Фосфорит”» (Кингисепп), АО «Невинномысскказот», «Новомосковскказот», ООО «Новомосковскхлор», «Еврохим-Белореченские минудобрения», ОАО «Ковдорский ГОК», AB Lifosa (Литва). В планах освоение собственного калийного производства. Общее количество работающих – 22 тыс. чел.
ОАО «Газпром Нефтехим Салават»	Нефтепереработка, нефте- и газохимия (полимеры)	Промышленная площадка в Салавате (НПЗ, химический и газохимический заводы, ООО «Мономер»), завод минеральных удобрений в Мелеузе. Общее количество работающих – 12,5 тыс. чел.
ПАО «Уралкалий»	Мировой и российский лидер в производстве калийных удобрений, добыча калийно-магниевых солей	Промышленные площадки в Березниках и Соликамске (Пермский край). Общее количество работающих – 11 тыс. чел.
АО «ОХК “Уралхим”»	Производство азотных удобрений (2-е место в России, 5-е место в мире)	Филиал «Азот» (Березники), ОАО «Минеральные удобрения» (Пермь), филиал «Кирово-Чепецкий химический комбинат», ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»/ Общее количество работающих – 11 тыс. чел.

Окончание прил. 5.1

Компания	Специализация	Предприятия и их размещение
ПАО «Нижнекамскнефтехим»	Крупнейший в России производитель этилена, производство синтетических каучуков и полимеров	Промышленная площадка в Нижнекамске (Республика Татарстан). Общее количество работающих – 17 тыс. чел.
ОАО «ФосАгро»	Лидер по производству фосфатных удобрений в России, лидер по добыче апатито-фосфоритового сырья	ОАО «Апатит» (Мурманская область), «ФосАгро-Череповец», ООО «Балаковские минеральные удобрения», ОАО «НИИ по удобрениям и инсектофунгицидам», ООО «Метахим» (Волхов). Общее количество работающих – 24,5 тыс. чел.
ОАО «Тольяттиазот»	Один из крупнейших в России и Европе производителей аммиачной продукции, а также метанола, карбамида и продукции на их основе	Промышленная площадка в Тольятти, ОАО «Азотреммаш». Общее количество работающих – 5,5 тыс. чел.
Группа «Акрон»	Один из крупнейших производителей минеральных удобрений в России	ПАО «Акрон» (Великий Новгород), «Дорогобуж» (Смоленская обл.), «Хунжи Акрон» (Китай), ЗАО «Северо-Западная фосфорная компания» (ГОК «Олений ручей»)
ПАО «Метафракс»	Крупнейший в России производитель метанола, его производных, а также карбамидоформальдегидных смол	Промышленная площадка в г. Губаха (Пермский край), ЗАО «МетаДинеа» (Губаха), химический завод «Карболит» (Орехово-Зуево), МетаДинеа-Австрия (Кремс). Общее количество работающих – 7 тыс. чел.

Приложение 5.2

Горнохимический энергопроизводственный цикл [12]



ХАРАКТЕР ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ: ***связи по комбинированию, в т.ч.***

———— - при последовательной обработке сырья
---------- - при комплексном использовании сырья
—·—·— - при утилизации отходов производства

Деление производственных связей по значению на основные, дополнительные и побочные обозначено толщиной линии

Приложение 5.3

Области применения синтетических каучуков[1]

Каучук	Применение
Бутадиен-стирольный	В производстве шин, автомобильных запчастей, уплотнителей, прокладок, уплотнительных колец, подошв в обувной промышленности.
Полибутадиеновый	Шинное производство (для частичной замены натурального каучука в протекторе шин), в меньшей степени – в каркасах и рецептурах боковин. Около 35% общего объема используется для ударопрочного полистирола, ABS (акрилонитрил-бутадиенстирольных пластиков) и других видов пластиков. Производство твердых мячей для гольфа и высокоупругих игрушечных мячей
Полиизопреновый	Шины и шинные продукты (66% всего мирового потребления), прессованные и резинотехнические изделия (11%), ленты и прокладки (8%), ремни и резиновые листы (8%), шланги (4%) и соски детских бутылочек, герметики, обувь и спортивные изделия (2%). В сочетании с натуральным каучуком – для изготовления каркаса шин легковых машин
Этилен-пропиленовый	Автопроизводство (около 41% общего мирового потребления). Смеси и термопластики (около 28% мирового потребления). Строительство и конструкционная область (около 21% мирового потребления). Около 12% мирового производства используется компаниями-производителями масел как добавка в смазочных маслах. Кабельная промышленность (около 6% мирового потребления для изоляции и оболочки кабелей). Фактически данный сектор рынка синтетических каучуков самый быстрорастущий в мире и дает около 9% всего мирового объема
Бутилкаучук	Шины, камеры и другие шинные продукты (приблизительно 83%). Галогенированные бутилкаучуки используются как ланеры на бескамерных шинах. Производство резинотехнических изделий автомобильного назначения, а также адгезивов, герметиков, фармацевтических одежд, шлангов и жевательной резинки

[1] Синтетические каучуки: области применения. URL: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=1361 (дата обращения: 27.07.2016).

Окончание прил. 5.3

Каучук	Применение
Хлорпреновый	В изделиях электротехнического назначения как защитная оболочка проводов и кабелей. В белых боковинах шин, прессованных и экструзионных изделиях для автомобильной индустрии, в строительстве различных конструкций и др.
Бутадиен-нитрильный	В производстве строительных клеев (адгезивов), автомобильных прокладок, маслостойких покрытий, специальных рабочих перчаток, конвейерных лент, тормозных накладок

Учебное издание

Казаков Борис Анатольевич
Лучников Андрей Сергеевич

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОНОМИКА ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебное пособие

Редактор *Л. Г. Подорова*
Корректор *Л. И. Иванова*
Компьютерная верстка: *А. С. Лучников*

Подписано в печать 25.01.2017. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 14,65. Тираж 100 экз.

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета.
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15