

**А.А. Шатов**

---

# **ОТ ХИМИИ К ХИМИЧЕСКИМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

**Часть 1**

**Монография**

**RU**  
**science**  
RU-SCIENCE.COM

Москва  
2024

УДК 54:66.0  
ББК 24+35  
Ш28

**Рецензенты:**

**Р.Ф. Нафикова**, заведующий лабораторией, ИПЦ АО «Башкирская садовая компания», д-р техн. наук,

**П.Н. Михайлов**, СФ, БашГУ, д-р физ.-мат. наук, проф.

**Автор:**

**А.А. Шатов**, кафедра химии и химической технологии, СФ, БашГУ, д-р техн. наук, проф.

**Шатов, Александр Алексеевич.**

Ш28

От химии к химическим технологиям. Ч. 1 : монография / А.А. Шатов. — Москва : РУСАЙНС, 2024. — 234 с.

**ISBN 978-5-466-07143-6**

В монографии рассмотрено значение химии и химической технологии в развитии промышленности страны. Проанализированы научные направления химии и химической технологии, их роль в развитии страны. Излагаются вопросы, касающиеся рационального использования сырья и энергии в химической технологии, особое внимание уделено альтернативной энергетике в химической технологии, её новых перспективных источников. Изложены основные вопросы экономики химической технологии, закономерности химико-технологических процессов и аппаратов, основные типы применяемых реакционных реакторов и общие принципы их разработки. Подробно рассмотрены вопросы катализа, термодинамики в технологии и обществе, охраны окружающей среды, глобального потепления и пути его решения. Описаны пути решения проблемы мусора.

*Для инженерно-технических работников и специалистов предприятий, занимающихся вопросами химии и химической технологии. Может быть полезна для аспирантов, магистрантов и студентов колледжей и вузов, изучающих данный предмет.*

**Ключевые слова:** химия; химическая технология; сырьё; энергетика; экономика; альтернативная энергетика; химико-технологический процесс; химический реактор; катализ; термодинамика; окружающая среда; глобальное потепление; промышленные выбросы; мусор.

**УДК 54:66.0  
ББК 24+35**

**ISBN 978-5-466-07143-6**

© Шатов А.А., 2024  
© ООО «РУСАЙНС», 2024

# Содержание

|   |     |
|---|-----|
| Введение .....  | 6   |
| Глава 1. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И РАЗВИТИЕ СТРАНЫ.....               | 18  |
| 1.1. Роль химии и химической технологии<br>в прогрессе страны ..... | 18  |
| 1.2. Научные направления в химии<br>и химической технологии.....    | 28  |
| Роль научных направлений в развитии страны .....                    | 82  |
| 1.3. Определение химической технологии .....                        | 89  |
| 1.4. Из истории химии и химической технологии .....                 | 92  |
| 1.5. Задачи, стоящие перед химиками<br>в развитии страны .....      | 101 |
| Глава 2. СЫРЬЁ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ .....                      | 110 |
| 2.1. Виды сырья и его значение<br>в химической технологии.....      | 110 |
| 2.2. Способы обогащения сырья .....                                 | 112 |
| Твёрдое минеральное сырьё .....                                     | 112 |
| Жидкие виды сырья .....   | 116 |
| Газовые смеси .....   | 117 |
| 2.3. Комплексное использование сырья .....                          | 117 |
| Вторичные материальные ресурсы (ВМР) .....                          | 119 |
| 2.4. Замена пищевого сырья синтетическим .....                      | 122 |
| 2.5. Воздух и вода – сырьё для химической технологии .....          | 123 |
| Воздух .....  | 124 |
| Вода.....   | 125 |
| Водоподготовка .....  | 127 |
| Глава 3. ЭНЕРГЕТИКА В ТЕХНОЛОГИИ И ЕЁ ПЕРСПЕКТИВЫ ....              | 131 |
| Энерготехнология .....  | 131 |
| 3.1. Энергия, используемая в химической технологии .....            | 133 |
| Электрическая .....   | 133 |
| Тепловая .....  | 133 |
| Атомная (ядерная) .....   | 134 |
| Химическая .....  | 135 |
| Световая .....  | 135 |
| 3.2. Ресурсы энергетики для химической технологии .....             | 135 |
| Топливные .....   | 135 |
| Нетопливные .....   | 135 |
| Возобновляемые .....  | 136 |
| Невозобновляемые .....  | 136 |

|   |     |
|---|-----|
| Первичные топливно-энергетические ресурсы .....                           | 136 |
| Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВЭР).....                      | 138 |
| 3.3. Топливо в химической технологии и его переработка.....               | 139 |
| Пиролиз.....  | 141 |
| Газификация угля.....   | 144 |
| Гидрогенизация (гидрирование) угля .....                                  | 146 |
| 3.4. Традиционная альтернативная энергетика .....                         | 148 |
| Солнце .....  | 156 |
| Электроветроэнергетика .....  | 158 |
| Геотермальная энергетика.....   | 159 |
| 3.5. Новые виды нетрадиционной энергетики .....                           | 160 |
| Биогаз.....   | 162 |
| Биотопливо .....  | 165 |
| Водород.....  | 171 |
| Сланцевый газ.....  | 183 |
| Сланцевая нефть .....   | 187 |
| Перспективы добычи нефти и газа.....                                      | 189 |
| Газогидраты .....   | 191 |
| Торий.....  | 193 |
| Аммиак .....  | 195 |
| Перспективные энергоисточники.....  | 199 |
| Глава 4. ЭКОНОМИКА В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ .....                          | 202 |
| 4.1. Основные технико-экономические показатели (ТЭП) .....                | 202 |
| 4.2. Структура экономики .....  | 205 |
| Основные фонды .....  | 205 |
| Оборотные фонды .....   | 206 |
| Заработная плата.....   | 207 |
| Капитальные затраты .....   | 207 |
| Материальное производство .....   | 208 |
| 4.3. Балансы в химической технологии.....                                 | 208 |
| Материальный баланс.....  | 209 |
| Энергетический баланс .....   | 210 |
| Экономический баланс .....  | 211 |
| 4.4. Пути интенсификации химико-<br>технологического процесса (ХТП) ..... | 211 |
| Автоматизация .....   | 212 |
| Механизация.....  | 212 |
| Применение непрерывных процессов .....                                    | 212 |
| Противоток в химической технологии .....                                  | 213 |
| Увеличение степени превращения сырья<br>и селективности.....              | 213 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.5. Организация и размещение отраслей химической технологии..... | 213 |
| Отрасль в химической технологии .....                             | 213 |
| Холдинг .....   | 214 |
| Кластер.....  | 216 |
| Классификация химических технологий .....                         | 217 |
| Особенности химической технологии .....                           | 218 |
| Размещение объектов химической технологии .....                   | 219 |
| Группы предприятий химических технологий.....                     | 221 |
| Структурные образования химической технологии .....               | 221 |
| 4.6. Научно-технический прогресс (НТП).....                       | 222 |
| Прогресс в химической технологии .....                            | 223 |
| Научно-техническая революция (НТР) .....                          | 224 |
| Основные направления НТП в химической технологии.....             | 226 |
| Математизация и компьютеризация химических технологий.....        | 227 |
| Этапы внедрения научно-технических разработок.....                | 229 |
| Эргономика в производственной деятельности.....                   | 229 |
| Список литературы .....   | 232 |

«Изучение химии имеет двоякую цель:  
одна – усовершенствование естественных наук,  
другая – умножение жизненных благ»

М. В. Ломоносов

## Введение

Химия настоящего времени резко отличается от нашего прошлого, даже недавнего. В 19 веке было открыто много основных законов и теорий химии, выработано много основных понятий, закладывался фундамент научной химии. В те годы появился новый этап, характеризующийся появлением классических методов синтеза новых веществ и бурного развития химических технологий, который продолжался в 20 веке. Но этого на современном этапе развития человеческого общества – недостаточно. В 21 веке стоят новые более актуальные задачи, поставленные ходом развития материального производства:

1) воспроизведение искусственным путём того, чего создаёт природа и того, чего не создала для нового поколения общества;

2) создание и синтез таких материалов, которых не знает природа, но необходимых для дальнейшего развития человечества.

Это обстоятельство делает серьёзный вызов перед химической наукой и химической технологией в развитии мировой и отечественной промышленности и в целом благосостояния нашей страны, которое не всегда удовлетворяет потребностям развития общества. Роль химии и химической технологии в этом вопросе должна возрастать, на фоне экономических проблем страны, на которые целесообразно обратить внимание. Рассмотрим некоторые общие вопросы состояния нашей экономики в стране, возникающие проблемы и роль химии и химической технологии в их решении.

Известно, что в мировой экономике развивается шестой технологический уклад. Примерные его границы оцениваются как 2010–2060 год. Лидерами этого уклада выступают США, Китай, Япония, ЕС, Юго-Восточная Азия. Речь, в первую очередь, идёт о новой энергетике, о молекулярной биологии и нанотехнологий. Безусловно, отличия от существующей технико-экономической структуры будут принципиальные – вероятно, больше, чем были при появлении информационных технологий (интернет и т. п.) или даже при переходе к компьютерной эре. Зададимся вопросом – какое место в это время занимает Россия? Какое место занимает в современной экономике даже не по объёму ВВП, а по его

качественным характеристикам? Ответ неутешителен, известен и очевиден: «сырьевой придаток», «сидим на нефтяной и газовой игле» и трудно этому возразить. Но дело не только в этом, а в том, что доли разных стран в производстве высокотехнологичной продукции не в нашу пользу, приведём данные (в скобках – доля этих стран в населении Земли): США – 36% (5%), ЕС – 18% (8%), Китай – 17% (20%), Япония – 16% (2%), Россия – 0,3% (2%). Высокотехнологичный экспорт: Китай – \$732 млрд, Германия – \$207 млрд, США – \$156 млрд, Россия – \$10 млрд; научные статьи: Китай – 528 263, США – 422 808, Германия – 104 396, Россия – 81 579; международные патентные заявки: Китай – 58 990, США – 57 840, Германия – 19 353, Россия – 1 218. Безусловно числа меняются, но не существенно. К сожалению, показатели России в мировом производстве высокотехнологичной продукции (включая авиастроение, атомную энергетику, ракетно-космическую и военную технику) до сих пор остаются на низком уровне. Об этом неоднократно говорил Президент РФ В. В. Путин и призывал усилить работу в этом направлении органов власти и научное сообщество. В одном из выступлений он выразил очень важную мысль, что если мы не успеем «прыгнуть» в последний вагон уходящего поезда высокотехнологических инноваций, то окажемся на задворках истории, и этому трудно возразить. Например, с 2015 по 2019 годы доля инновационных товаров в общем объеме промышленной продукции сократилась с 7,9 до 6,1% (при том, что по десятилетней «Стратегии инновационного развития России на период до 2020 года» эта доля должна составлять 25%), доля инновационных товаров в промышленном экспорте – с 8,9 до 5,2% (по «Стратегии» эта доля должна составлять 15%), превышением импортом технологий их экспорта выросло с 550,7 до 1316,7 млрд. долл. (при том, что в 2020 году экспорт технологий должен превысить импорт на 300 млн. долл.), а затраты на научные исследования и разработки снизились с 1,1 до 1,03% ВВП (при том, что в 2020 году эта доля должна была достичь 3% ВВП), число отечественных патентных заявок на изобретения на 10 тыс. чел. снизилось с 2 до 1,59 (по «Стратегии» – 2,8). Амортизация человеческого капитала в науке и технологических областях в России превышает 74%. В условиях экономического кризиса это бегство умов, замедлившихся в последние годы, может получить второе дыхание. «Интеллектуальная капитализация страны» по сравнению с 1980-ми годами понизилась в несколько раз. К этим показателям можно добавить ещё ряд негативных моментов в экономике: средний возраст работающих на российских промышленных предприятиях составляет более 50 лет, износ основных фондов от 50 до 74%. С такими показателями Россия подошла

к «шестому укладу», а скорее не подошла, в основном экономика находится в третьем и четвёртом укладах (которые закончились к 1980-м годам) или в лучшем случае на начальных стадиях пятого уклада (1980–2010 годы).

Россия продолжает идти вниз по сырьевому нефтегазовому направлению. Доля сырья в российском экспорте превышает 60 %, а в СССР в 1985 г. – составляла менее 54%, только к 2030 году планируется долю несырьевого неэнергетического экспорта увеличить до 70%. При этом следует отметить, что по ряду причин, в т. ч. санкционных и карантинных значение нефтегазовых доходов в российском бюджете в 2020 году оказалось рекордно низким за всю историю наблюдений – с 2011 года, по подсчетам экспертов ВШЭ доля составила 30 процентов. Предыдущий минимум, 34 процента, был достигнут в первом квартале 2016 года, в 2021 году ситуация так же улучшилась. Российский экспорт несырьевых энергетических товаров вырос на 45% в годовом выражении и составит свыше 160 млрд долл. Так, в денежном выражении заметно выросли поставки за рубеж наших алюминия и стали, меди и пиломатериалов. Наибольшая доля экспорта, по данным Российского экспортного центра (РЭЦ), приходится на металлопродукцию (30,4%), товары химической промышленности (18,1%) и машиностроения (17,1%). Плюс к этому пандемия повысила спрос на лекарства, бумажную и пластиковую тару. Поставки продовольствия тоже растут и занимают сейчас весьма приличную долю в общем объёме экспорта – 16,2%. Что касается стран, с которыми у российских экспортёров налажены хорошие контакты и куда идут большие поставки товаров, то топ-5 выглядит так: Китай, Казахстан, Турция, Белоруссия, США. Конечно, нам нельзя быть не сторонником теории «ресурсного проклятия», но надо признать и другое, что нам ничто не мешает развивать другие отрасли, имея нефть и газ. Хороший пример – США. У них же как-то получается придумывать и выпускать, скажем, «Айфоны» с «Теслами», оставаясь при этом одним из крупнейших в мире производителей газа и нефти. Если мы останемся в таком же положении, как сейчас, то неприятные истории, связанные с падением цен на нефть, конечно, будут происходить. Кстати, то же самое происходит и сейчас, но экономику нашу это не убивает, хотя и делает ее очень слабой, вынуждая государство сокращать бюджетные расходы, что естественно не нравится населению. Катаклизм произошёл в известное застойное десятилетие прошлого века: национальная экономика превратилась в сырьевую экономику. Так, например, с 1970 по 1980 год Советский Союз увеличил продажу нефти с 66,8 до 119,1 млн тонн, газа – с 3,3 до 54,2 млрд кубометров, доля 15,6%



энергоносителей в объёме экспорта увеличилась до 46,9%. Динамика развития страны всё более зависела и зависит сейчас не от производительности труда, а от ресурсов, подаренных природой. В результате, что имеем, если смотреть ВВП на единицу населения, в ценах 2015 года, тыс. долл.: Индия-6,754; Китай-16,377; Россия-25,469; Польша-28,890; Италия-38,655; Франция-43,074; США-60,710; Люксембург-106,775. Среднее время, отработанное одним занятым в 2019 году, тыс. час.: Франция-1,505; Люксембург-1,506; Италия-1,718; США-1,742; Польша-1,806; Россия-1,965.

Что же можно и нужно делать в эти трудные времена? Начать с экономии во всех сферах деятельности? Эта простая и здравая идея в 70-е годы прошлого столетия с большим трудом, но работала. Можно вспомнить советский лозунг «Экономика должна быть экономной», который сегодня вновь очень актуален и необходим. Энергоёмкость российского ВВП к 2000-м годам увеличилась на 30% по сравнению с 1975 годом и с тех пор очень медленно снижается. Потенциал энергосбережения составляет сегодня 40–45% всего потребления. Что это означает? Что из 10 тонн условного топлива 4 сжигается впустую. Неудивительно, что в своё время бывший президент РФ Дмитрий Медведев потребовал снизить энергоёмкость ВВП к 2020 году на 40% по сравнению с 2007-м, но результат не достигнут. Зададимся вопросом, можно ли не сжигать одну «лишнюю» тонну или 2 из 10? Например, в сфере энергосбережения внедрение инновационных технологий – это не проблема. Если в России используются паровые турбины с КПД 35%, а в мире – парогазовые с КПД до 60%, кто мешает просто купить и установить их? Если в мире работает более 40 млн современных тепловых насосов, а в России их около 140 штук, почему не закуплены лицензии и оборудование для их производства? Где системы регулирования температуры? Где современные системы освещения, с автоматическим включением и отключением? Фрейд говорил, что, когда человечество выходит из состояния варварства – «принцип удовольствия» (стремление к потреблению во всех видах) в той или иной форме подчиняется – «принципу реальности» (жизнь в соответствии с адекватной оценкой ресурсов и возможностей). Выходит, по Фрейду, любая цивилизация «репрессивна», а значит насильственная, и решить назревшие проблемы в стране, на данном этапе, можно только командно-административными методами управления и руководства.

Наша сила в фундаментальных науках, и мы твёрдо верим и это так, что в России живут умные математики, но посмотрим, какова отдача? Наши программисты и математики постоянно занимают первые

призовые места на международных соревнованиях, можем сочинить самые сложные математические программы, но своих компьютеров мы не делаем. Самые мощные вычислительные системы сейчас у Японии, США и КНР. К примеру, японцы в 2020 году запустили вычислительную систему (трудно компьютером назвать) «Фугаку» с производительностью 537 петафлопс (петафлопс – единица измерения вычислительной мощности и обозначает  $10^{15}$  операций с плавающей запятой в секунду). Следом по мощности идут две американские вычислительные системы IBM и затем китайская. Китайский 7-нм графический процессор Big Island «почти готов» к массовому производству. Компания Shanghai Tianshu Zhixin Semiconductor Co., Ltd. заявила, что близка к началу «массового производства и продажам» графических процессоров Big Island собственной разработки для использования в составе центров обработки данных. Чипы построены на основе 7-нм техпроцесса. Big Island сможет обеспечить почти в два раза более высокий уровень производительности по сравнению с аналогичными решениями крупнейших мировых производителей. При этом китайская разработка обладает более низким уровнем энергопотребления и в то же время готова предложить более привлекательное соотношение цены к уровню производительности. В заявлении китайской компании говорится, что «прогресс в разработке продукта и его потенциал коммерческого применения на 1–2 года опережают возможности отечественных аналогов». У нас самая мощная система в СберБанке – «Кристофари», с производительностью 8 петафлопс, отстаём в десятки раз от мирового уровня. В этом вопросе нас обошла даже Саудовская Аравия. В России сильные школы программирования, но производство программного обеспечения – 0,2% ВВП, в США – 3,3%, в Израиле – 4%, в Индии – 6%. В Индии образование хуже, чем в России, а производство и технологии развиваются гораздо быстрее. При этом, в России 75% взрослого населения имеют высшее образование, а в Индии – только 4,5%. Индия захватила мировой рынок в программном обеспечении, аутсорсинге информационных технологий – 65%, а также в бизнес – аутсорсинге и инжиниринге – 45 %. Рынок информационных технологий в Индии в 10 раз больше доходов России от торговли оружием. Россия располагает лучшей в мире математической школой, но программного обеспечения производит в 60 раз меньше и главная проблема в том, что нет мощных вычислительных систем. Зададимся вопросом: в каких направлениях развития страны необходимы высокопроизводительные вычислительные системы:

1) для создания новой техники и оборудования (например, лопасти и крылья вертолётов, краш-тесты для новых автомобилей и т. д.);

2) добыча нефти и газа (например, вычислительный мониторинг и др.);

3) прогнозирование катастроф и непредвиденных чрезвычайных ситуаций и оценка последствий и рисков и т. д. (например, электростанция, атомная электростанция и т. д.);

4) создание новых лекарств (например, от коронавируса и т. д.);

5) правильного питания гражданина страны (например, вычислительная система мощностью 10 петафлопс сможет за один день выполнить расчёт правильного питания человека на год вперёд с учётом его здоровья и т. д.).

б) планирование развития экономики страны с учётом интересов каждого гражданина страны (плановое хозяйственное развитие).

Безусловно, приведены не все направления использования таких систем. От теоретической математики до её инновационных внедрений в производство и практику существует огромная пропасть. За 2019 год в Белоруссию на работу прибыли 20862 человека. Из них 1200 человек – специалисты в сфере высоких технологий, которых приняли на работу резиденты белорусского «Парка высоких технологий», объединяющий 680 компаний, поставляющих услуги в 67 стран мира, и разрабатывают мобильные приложения, которыми пользуются более миллиарда человек в 193 странах. Спрос на программистов вырос в 2,5 раза по сравнению с 2018 годом, в «Парке» работают 105 тысяч IT – профессионалов. Большинство IT – специалистов, программистов приехали из России – более 800 человек (64%), а в одной из компаний – Wargaming минского «Парка» работают 2200 специалистов из 16 стран, россиян более 80%. Разработки этого «Парка» известны во всём мире: Viber, World of Tanks, World of Warships, MSQRD, Maps.me и охватывают аудиторию более 200 млн пользователей. Зададимся вопросом – почему инновационная экономика у нас не работает, а математики едут в Беларусь? Инновационная экономика – она на слуху у каждого равнодушного человека, говорим об этом постоянно, а в Индии её построили. Каждый индеец, придумавший оригинальное ноу-хау, может получить тысячу долларов – профинансировать сотни проектов для производства простых и полезных в хозяйстве вещей. В Индии создано множество различных инновационных структур, таких как Совет по технологическому развитию (объёмом \$ 1,5 млрд), Индийский фонд развития технологий, Индийская ассоциация венчурного инвестирования, Банк поддержки малого и среднего бизнеса, Национальный венчурный фонд программного обеспечения и информационных технологий (объёмом \$ 250 млн), Фонд развития мелких и средних предприятий (более \$ 1 млрд). В Индии каждый год

совершаются сотни сделок прямого инвестирования и венчурные проекты объёмом до \$ 10 млрд по Программе развития и демонстрации технологий. По объёму государственных средств лидирует с большим отрывом биомедицина и биотехнологии, далее – транспорт, инжиниринг, химия, сельское хозяйство. Большинство индийских инновационных компаний базируется в 30 технопарках, в каждом работает до 15 тыс. человек. В 2010 году объём экспорта из Индии информационных и коммуникационных услуг достиг четверти того, что Россия получает от продажи нефти и газа. Для сравнения, размеры Российского Фонда информационных и коммуникационных технологий и Российской венчурной компании – \$ 53 млн и \$ 600 млн. В России в технологические проекты вкладываются около \$100 млн, а сделок проходит не более полусотни в год. Наша экономика существует сейчас за счёт советского наследия. Практически нет нового оборудования, всё старое или купленное за границей. Да, мы продвигаемся в IT-технологиях, но без них раньше мы первыми шли в космосе, а сейчас отстаём. IT – технологии работают в сфере информации, сообщений, продажи, но не более.

В подтверждение приведённых проблем назовём некоторые показатели по численности населения, индустрии и сельскому хозяйству в отношении 1988 года к 2018 году (30 лет): население, млн ч – 147,4/146,7; работающих, млн ч – 70,9/72,5; пенсионеров, млн ч – 32,6/46, в т. ч. работающих – 2,5/12,3; численность работающих в с/х – 5,6/4,1; дороги с твёрдым покрытием, тыс. м<sup>2</sup> – 38/12; квартир, тыс. – 1287/1070,6; электроэнергия, млрд квт-ч – 1065,5/1091,6; нефть, млн т – 569/546,5; газ, млрд м<sup>3</sup> – 590/733; чугун, млн т – 61,5/51,8; сталь, млн т – 94,1/71,7; металлический прокат, млн т – 66,4/61,6; грузовые автомобили, тыс. – 690/157; легковые автомобили, тыс. – 1100/1600, в т. ч. АвтоВАЗ – 800/340; посевные площади, млн га – 119,6/80,4; собрано зерновых, млн т – 102,8/113,2; урожайность пшеницы, ц/га – 28,1/27,2; собрано картофеля, млн т – 38,3/30; мясо, млн т – 9,8/10,7; яйца, млрд шт. – 47,6/44,9; молоко, млн т – 53,2/30,6; средний удой от 1 коровы за год, л – 2073/6094; количество аэродромов, шт. – 1500/227. Для сравнения у нас сейчас 25 аэропортов, а в США 2191, в Бразилии 294. Ввозила Россия из других республик СССР, тыс. т: мясо и продукты – 875,6; молоко и продукты – 4504,3; яйца, млн. шт. 847,1 (вывоз – 371,5); картофель – 457,7 (вывоз – 101,6); овощи – 1642,2; фрукты и ягоды – 772,6; бахчевые – 613,4; сахар – 2638,8. Ввезено консервов из республик СССР, млн банок: овощных – 673,4; фруктовых – 1739,9; томатной продукции – 750,2. Следует отметить, что показатели 1988 года не устраивали тогдашнее руководство страны и подвергались жёсткой критике в партийных органах.

СССР в 1990 году ввозил, %, от общего импорта: одежда и бельё-4,8; сахар-сырец-4,8; зерно-3,8; медикаменты-3,2; грузовые автомобили-2,6; суда-2,4; химические продукты-2,0. Экспорт 1990 года, %, от общей структуры: нефть-25,7; газ-10,9; чёрный металл-2,7; энергооборудование-2,6; твёрдое топливо-2,2.

Есть множество объяснений, почему Россия ничего выдающегося не производит – кругом иностранное. Многие объяснения очень убедительны, что ещё раз доказывает наше умение объяснять, но ситуацию не менять. Для примера возьмём проблему добычи нефти. Известно, что новые американские санкции усиливают ограничения, вплоть до закрытия поставок оборудования для нефтегазодобычи. Мы не можем обойтись без новых технологий добычи, т. к. России нужно сохранить на достигнутом уровне рентабельность, не допустив удорожания себестоимости нефти. В результате вынуждены закупать передовые технологии в Китае и Индии, у тех стран, которым мы ранее помогали в продвижении новых технологий. В 1990 году в реестре высоких технологий мы поддерживали мировой уровень в трёх отраслях – в ракетно-космической и атомной, а также в специальной металлургии. К 2008 году мы отступили по всему фронту, приподнявшись только в пищевой промышленности и телекоммуникациях. Вкладывает Россия в высокие технологии в 2 раза больше Канады, но прибыль получает в 10 раз меньше. Нам следует настойчиво пробиваться вперёд, надо изучать западные технологии, учить новым технологиям студентов, даже если они пока у нас не применяются, покупать и осваивать эти технологии. На заимствованной основе, чего не стыдились великие Королёв и Курчатов, создавать свои технологии. Для этого надо поощрять создание мелких предприятий. Весь мировой опыт говорит о том, что инновации обеспечиваются мелкими и средними компаниями, а крупные структуры не склонны к риску, с чем сопряжён технологический прорыв. Например, в США, которая является несомненным и несменяемым технологическим мировым лидером, 75% новых рабочих мест создаётся малым и средним бизнесом, 70% открытий и изобретений приходится на их долю, 75% богатых американцев трудятся в этой сфере.

Зададимся ещё одним вопросом: какова роль химии и химических технологий в решении накопившихся проблем развития страны? Ответ: состояние химической отрасли промышленности в нашей стране имеет первостепенное значение для всей промышленности в целом. Она, среди других отраслей промышленности, занимает одно из важнейших мест. Удельный вес химической и нефтехимической отраслей в общем производстве в РФ составляют около 9%, что соизмеримо с удельным весом таких отраслей, как черная и цветная металлургия и уступает только

топливной отрасли и машиностроению (около 20%). Производство конкурентоспособной техники и товаров в стране невозможно без использования новых химических материалов и технологий. Они являются основными факторами, обеспечивающими прогресс таких ключевых отраслей производства как электротехника, электроника, авиация, ракетостроение и связь. В развитых странах доля химической промышленности в структуре промышленного производства достигает 12% и продолжает возрастать. Развитие химической технологии и химического машиностроения СССР позволило создать мощную химическую промышленность и стабильно обеспечить народное хозяйство страны необходимыми химическими товарами. Химическая промышленность СССР выпускала в 1991 г. более 50 тыс. видов продукции, включая синтетические смолы и пластмассы, синтетические каучуки, химические волокна, концентрированные сложные минеральные удобрения, химические средства защиты растений, продукцию микробиологического синтеза. По развитию химической и нефтехимической промышленности Россия занимала в СССР ведущее место. На территории Российской Федерации было сосредоточено более половины химических предприятий и выпускалось почти две трети товарной химической продукции.

Экономика химического комплекса в РФ находится в крайне неустойчивом состоянии. Это проявляется в снижении объёмов производства и использования мощностей, разрушении научно-технического потенциала, ухудшении финансово-экономических показателей производства. Например, по отдельным годам с 1991 года объем производства продукции химического комплекса сократился на 30%, а по отдельным видам её – на 70%, закрыто много действующих химических цехов и заводов, износ основного оборудования химических предприятий превысил 50%, возросло количество убыточных предприятий, снизилась конкурентоспособность выпускаемой химической продукции. К причинам, отрицательно влияющим на работу химической промышленности, можно отнести следующие факторы:

- 1) изменение геополитической ситуации в РФ;
- 2) проблемы с нефте – и газопроводами в страны Европы;
- 3) санкции стран Запада;
- 4) снижение спроса на химическую продукцию вследствие общего кризиса в хозяйственной деятельности;
- 5) разрыв производственно-технологических связей между предприятиями;
- 6) финансовые трудности (переход в расчётах на мировые цены, снижение цен на нефть, уменьшение объёма инвестиций);

7) экономические и социальные потери, в условиях перехода страны к рыночной системе;

8) слабый менеджмент руководства химическими предприятиями и отраслью.

Особенно сильное влияние на снижение показателей выпуска химической продукции оказали 90-е годы прошлого столетия – выпуск основной химической продукции, в год, в 1992, 1994, 1996, 1998, 2017, 2019 годах, составил, в млн. тонн: серна кислота – 9,7; 6,3; 5,8; 5,7; 13,0; 13,4; кальцинированная сода – 2,68; 1,58; 1,45; 1,54; 3,3 (с Крымом); 3,4 (с Крымом), минеральные удобрения – 12,3; 8,3; 9,0; 9,3; 22,0; 24,4; каустическая сода – 1,84; 1,14; 0,87; 0,9; 1,2; 3,4; пластмассы и смолы – 2,54; 1,67; 1,40; 1,59; 5,1; 8,7; синтетические каучуки – 1,61; 0,63; 0,78; 0,62; 1,5; 1,6; химические волокна – 424,0; 198,0 135,0; 130,0; 189,7; 190,0. В СССР объем выпуска химической продукции всего в 2 раза уступал США, а перечень наименований был таким же, а сейчас наша химия – меньше 10% от американской химической технологии. В настоящее время химический комплекс РФ имеет все предпосылки для восстановления и развития. К ним следует отнести: запасы сырья, сохранившаяся производственная инфраструктура, высокая квалификация сотрудников, значительный научный и технический потенциал, большой внутренний рынок. Нам нужно развивать экспортные возможности там, где ещё не потеряны позиции:

1) активнее развивать вооружение, т. к. успехи в этой области есть;

2) улучшать экспорт продовольствия, с учётом недостатков в этой отрасли: у нас очень много выращивается пшеницы четвертого, пятого и шестого классов, но без увеличения посевов высококлассной пшеницы рассчитывать на большие экспортные прибыли мы не можем;

3) развивать станкостроение – станкостроение в России слабое, несмотря на ранее анонсированные проекты строительства новых заводов. Чтобы вывести его на экспорт, нужен его гигантский скачкообразный рост. Например, автомобили наши в Азии, Африке и кое-где в Европе, покупают, но говорить о крупном экспорте не приходится;

4) развивать мощности по сжиженному газу, строить заводы по сжижению газа и увеличивать экспорт.

Одновременно необходимо вплотную заняться проблемой снижения выбросов в атмосферу, иначе очередных экономических потрясений нам не избежать. Во всех перечисленных экспортных направлениях страны и снижения выбросов в атмосферу химия и химические технологии будут играть определяющие роли. Необходимо увеличивать роль химии в экономике, от её развития зависит будущее страны, т. к. состояние химической технологии – лакмусовая бумажка состояния всей экономики

и науки, и в этом вопросе должны сыграть большую роль химики – технологи. И всё же, зададимся вопросом, почему в минский «Парк высоких технологий» едут россияне и граждане других стран? Вот их ответ на этот вопрос: IT – специалисту кроме работы нужно в стране пребывания чистота и порядок, жизнь без суеты, точность и предсказуемость, не тратить время на бюрократию, возможность много путешествовать, культ «айтишника» и связь с большим миром. Сделать это в России можно и нужно, в т. ч. в химической промышленности. Будущее нельзя предвидеть, но можно изобрести, создав для этого условия, например, как в «Парке высоких технологий» г. Минск. Зададимся вопросом: почему айтишники не хотят ехать в Россию, чтобы работать и жить? Может ответ нам даст намного большее то, что мы знаем и что хотим сделать? Это не красивые слова, в XXI веке они становятся алгоритмом действия.

Однако вернёмся к химической технологии и узнаем: что такое химия и химическая технология, с чего начиналась и к чему пришла, какова её роль в дальнейшем и к чему стремиться? Отстали в IT – технологиях – займёмся высокими химическими технологиями при переработке нефти и газа, а не торговать сырьём по трубопроводам, что позволит российским химикам-технологам увеличить долю готовой химической продукции, в общем объёме несырьевого неэнергетического экспорта, с 14,5% в 2020 году до 30 % в 2030 году. В соответствии со Стратегией развития России, она должна войти в число десяти развитых стран мира по качеству образования, по объёму научных исследований и разработок, в т. ч. за счёт создания эффективной системы высшего образования. Предполагается создать 45 научно-образовательных центров мирового уровня, научных центров мирового уровня по приоритетным, направлениям научно-технологического развития, региональных научных и селекционных центров, высокого исследовательского уровня. Должно появиться 35 центров трансфера технологий на базе ВУЗов и научных организаций для коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности и 30 лабораторий мирового уровня с ведущими учёными мира. Безусловно в этих Центрах должны занять место химики и химики-технологи.

В заключении несколько известных философских мыслей. В христианской цивилизации тема осознанного выбора между добром и злом является центральной. Если люди страны не захотят жить иначе, чем живут сейчас, ничего не изменится. Никакой модернизации несмотря на все призывы не произойдёт. Инновационный путь развития невозможен без высоких технологий. Все научные достижения и технологии появились в западном христианстве. В центре христианства находится тема личности. Возникновение христианства-поворотный пункт в истории цивилизации. Россия может выйти из трудной ситуации не повелению



властей, а только в силу стремления человека изменить жизнь, иного выхода нет. «В России нет важных лиц, кроме тех, с кем я говорю и пока я с ними говорю» – император Павел. Модернизация предполагает совершенно другую систему, построенную на конкуренции, горизонтальных связях и свободе выбора. Нужно захотеть отстроить страну, проявить волю, объединить все слои общества – партии, политиков, церковь, профсоюзы, бизнес и т. д. На пути нашего развития были разрушены важнейшие христианские ценности, которые сотворил современный мир. Есть одна дьявольская привлекательность для русского человека в том, чтобы оставаться рабом и быть господином над всеми. Русский философ Иван Ильин говорил, что Россию может спасти только «авторитарная, воспитывающая и возрождающая диктатура», т. е. «диктатура лучшего», которая станет выходом «из тупика безвластия». На данном этапе развития России – это командно-административный метод руководства страной с элементами планирования. Пётр Струве – русский общественный и политический деятель, редактор газет и журналов, экономист, публицист, историк, социолог, философ говорил, что «народ надо просвещать, а власть контролировать», демократия – это чёткость процедур при не предопределённости конечного результата. Отметим, что в химии и химической технологии предсказуемость определённого конечного результата есть и это успех.

# Глава 1. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И РАЗВИТИЕ СТРАНЫ

Для того, чтобы было понятно, о чём мы будем говорить напомним известные, со школьной скамьи короткие, но точные определения: *химия* – это наука, изучающая строение и превращение веществ, сопровождающиеся изменением их состава и строения; *химическая технология* – это область химии, изучающая физико-химические и экономические знания о веществах, процессах, аппаратах и технологических операциях, используемых в их переработке в предметы потребления и средства производства. Обратим внимание, что в центре знаний о химии и химической технологии стоит вещество. Известно, что везде, в природе и жизни есть вещество, как бы оно ни называлось, а химия изучает это вещество и его превращения. И неважно, о каких веществах идёт речь – ферментах, ДНК, или РНК, белках, фуллеренах и углеродных нанотрубках, углекислом газе или поваренной соли, керамике и пластиках, витаминах или стиральных порошках, цементе или бетоне. Беря за основу новейшие экспериментальные данные, современные научные теории и методы исследований, естествознание в изучении вещества сделало большой шаг вперёд. Изучены не только «внешние» свойства веществ, их состав и закономерность взаимодействия. Химия и химическая технология перешла к изучению недр, структуры молекул, характера связей и взаимовлияния составляющих их атомов и атомных групп, от чего, как нам известно, зависят все свойства веществ и особенности химических соединений.

## 1.1. Роль химии и химической технологии в прогрессе страны

Для того, чтобы понять о чём данный раздел приведём известное выражение: «Хотите знать, что случилось с миром? – спрашивал американский писатель Курт Воннегут – «Химия» – вот где собака зарыта». Прогресс любой страны невозможен без развития химии. Поскольку химия – это наука о превращении веществ, то любые проблемы, от проблем вселенских до проблем интимных, при известной фантазии можно объяснить химией. Вот что сказал по этому поводу Д. И. Менделеев: «Ближайший предмет химии составляет изучение однородных веществ, из сложения которых составлены все тела мира, превращений их друг в друга и явлений, сопровождающих такие превращения». Неслучайно Д. И. Менделеев – самый знаменитый в России учёный – химик занимался экономическими и финансовыми реформами, консультировал министра

Витте, развивал сельское хозяйство, был не чужд политике, руководил Палатой мер и весов, плёл чемоданы, шил одежду и тонко ценил искусства. В связи с этим, как не согласиться с М. В. Ломоносовым, сказавшим: «Широко распространяет *химия* руки свои в дела человеческие».

Если рассматривать по уровню мировых достижений, то *химия* и *химическая технология* в России уступает физике и математике. По физике 10 Нобелевских лауреатов, по *химии* – только один. Премия Н. Н. Семёнова – создателя теории цепных реакций, стала первой Нобелевской наградой для СССР. Он создал цепную реакцию наших нобелевских премий, правда, в основном, за работы, сделанные в 50-е годы прошлого столетия. Уместно, в связи с этим, привести два известных выражения Н. Н. Семёнова о *химии*:

а) «Химическое превращение, химические реакции есть главный предмет *химии*»;

б) «Все мы связаны с химической наукой, прогресс в познании окружающего мира, новые методы его перестройки и усовершенствования. И не может быть в наши дни специалиста, который мог бы обойтись в наши дни без знания *химии*».

В России И. П. Павлов – один из самых известных в мире физиологов, первый русский лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине 1904 года, разве мог он обойтись без знаний *химии*, изучая физиологию человека? Конечно нет. Уместно напомнить известные слова А. Чехова, который говорил, что не бывает национальной таблицы умножения. Сила знания в том, что оно не знает границ и объединяет человечество. Например, 200 лет назад лорд Генри Кавендиш, учёный физик и *химик* – основоположник пневматической *химии*, мог сидеть в родовом замке, ставить гениальные химические опыты, не публиковать труды – и оставаться на гребне науки. Сегодня учёному необходимо вариться в мировой питательной среде, иначе он станет ретроградом, а об инновационной экономике, тогда следует забыть. Если не будем питаться мировыми научными достижениями, не то, что получать по *химии* нобелевских премий не будем – не будем понимать умные работы. Старшее поколение учёных премии получило, следующее поколение учёных-химиков мы потеряли. Надо растить молодёжь, поощрять стремление к химическим наукам, не экономя на этом направлении – *химизации народного хозяйства*, что и было сделано в советские годы.

Этот термин введён в 1924 году – Д. П. Прянишниковым – означает «процесс внедрения методов *химической технологии*, химического сырья и химических материалов, и изделий из них в материальное производство». Целью ХНХ является интенсификация и повышение эффек-

тивности производства, а в непроизводственной сфере улучшение условий труда и качества обслуживания. Количественной оценкой уровня химизации соответствующей отрасли служит «коэффициент химикоемкости»  $K_x$ , определяемый:  $K_x = M_{хим.} / (M_{хим.} + M_{нехим.})$ , где:  $M_{хим.}$  и  $M_{нехим.}$  – стоимость продукции, произведённой, соответственно, с использованием химических методов и материалов и без них. Максимальное значение  $K_x$  имеет на транспорте, что обусловлено широким использованием в этих отраслях синтетических полимерных материалов. Химическая технология России пережила период бурного расцвета в 50-70-х годах прошлого столетия. В 1958 году вице-президент АН СССР, академик И. П. Бардин сказал: "Перед учеными стоит задача разработать научные основы возможно более полного и комплексного использования сырья и материалов... Принятая майским Пленумом ЦК КПСС (1958 г.) программа ускоренного развития химической промышленности создает базу для дальнейшего прогресса техники... Развитие любой отрасли народного хозяйства ныне зависит от прогресса химии и использования ее достижений. Вот почему необходимо широко развивать исследования в этой области науки, обеспечивая химизацию производственных методов и технических процессов различных отраслей промышленности, получение новых видов синтетических материалов". Синтетические волокна, новые материалы, пластики, ткани, новая искусственная реальность вдохновляла, химические заводы росли быстрыми темпами. Темпы роста продукции основных отраслей промышленности в СССР в 1975 году к 1950 году (за 25 лет): вся промышленность – 987%, топливная промышленность – 587%, чёрная металлургия – 667%, химическая нефтехимическая промышленность – 2253%. Объём химической и нефтехимической промышленности в 1980 году к 1976 году 65%. Таковы были темпы развития химии и химических технологий в СССР. Но прошло время, реальность стала обыденностью, а на поверхность всплыли побочные эффекты от химизации, в виде загрязнения окружающей среды, привлекательность химии померкла в глазах обывателей и само слово «химия» стало нарицательным – противоположностью естественного и полезного. Поэтому, требуется поднять приоритет химических наук и химической технологии, а термин «химизация народного хозяйства» должен и сейчас стать лозунгом развития страны.

Каково сейчас значение и роль химии и химической технологии в развитии общества? Если посмотрим на формальные критерии, например, на количество научных публикаций во всех научных журналах мира, то статьи по биологии и всем её многочисленным разделам будут