

# Lilley, Samuel

---

## Rola nauki w rozwoju przemysłu w wiekach XVIII i XIX

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 16/1, 3-9

---

1971

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Samuel Lilley

## ROLA NAUKI W ROZWOJU PRZEMYSŁU W WIEKACH XVIII i XIX \*

Ludzie, którzy w XVII w. wznosili gmach nowoczesnej nauki, entuzjastycznie zapatrywali się na możliwości jej stosowania „ku chwale Stwórcy i pożytkowi rodzaju ludzkiego” — jak to wyraził Francis Bacon. Istotnie, bez tego entuzjazmu dla korzyści praktycznych nauka w naszym rozumieniu tego słowa nie mogłaby się w ogóle narodzić. Albowiem właśnie dzięki dążeniu do praktycznego pożytku ludzie XVII w. nauczyli się tego, czego nie nauczyli się wszyscy wcześniejsi filozofowie: że to praktyka jest sprawdzianem prawdy; i dzięki temu właśnie stworzyli to, czego nie zdołały stworzyć poprzednie stulecia: naukę, która umożliwia zarówno rozumienie otaczającego ich świata, jak i opanowanie go.

Ale optymizm tych ludzi był przesadny. Nie doceniali ogromu zmudnych badań, które trzeba było przeprowadzić, ogromu wiedzy, którą trzeba było mozolnie gromadzić, zanim nauka mogła okrzepnąć na tyle, by służyć potrzebom praktyki. Dopiero w drugiej połowie XVIII w. — w czasach rewolucji przemysłowej — nauka zaczęła wносить istotny wkład w rozwój przemysłu.

Ale i wtedy jeszcze zakres jej zastosowań był, oczywiście, bardzo ograniczony. Wynalazek Darby'ego, który zastąpił w hutnictwie węgiel drzewny koksem, metoda Corta przerobu surówki na żelazo, wynalazki Kaya, Hargreavesa, Arkwrighta i Cromptona, które zrewolucjonizowały przemysł włókienniczy — wszystkie te osiągnięcia (i wiele innych) były dziełem ludzi praktyki, ambitnych, przedsiębiorczych, wytrwałych, zdolnych i pomysłowych, lecz pozbawionych wykształcenia naukowego i nie korzystających z pomocy nauki.

Maszyny, które zrewolucjonizowały włókiennictwo, nie zawdzięczają niczego nauce. Ale produkcja odzieży nie opiera się na samych tylko procesach mechanicznych, takich jak przędzenie, tkanie itd.: wymaga ona także obróbki chemicznej, zwłaszcza bielienia, które musiało być udoskonalane nie mniej radykalnie niż przędzenie czy tkanie.

Otóż pomysły wynalazcze w dziedzinie chemii przemysłowej mają charakter inny niż te, dzięki którym doskonalono technikę mechaniczną. Niewykszkolony pracownik może wyobrazić sobie rozmaite kombinacje dźwigni, trybów, bloków i pasów transmisyjnych, skonstruować wyobrażoną uprzednio maszynę, wypróbować ją i w razie potrzeby ulepszyć jej kon-

\* Artykuł znanego brytyjskiego historyka techniki dra S. Lilleya, wykładowcy uniwersytetu w Nottingham, autora m. in. przełożonej na język polski książki *Ludzie, maszyny i historia* (Warszawa 1958, por. recenzję oryginału angielskiego w numerze 1/1957 „Kwartalnika”), stanowi nieco zmienioną wersję referatu wygłoszonego na międzynarodowym sympozjum Światowej Federacji Pracowników Nauki, poświęconym *Powiązaniom nauki i techniki*. (Bratysława 22—26 IX 1969, por. informację o tym sympozjum w nrze 1/1970 „Kwartalnika”, s. 230—231). Artykuł przełożył Andrzej Zabłudowski.

strukcję. „Tryby” procesów chemicznych — cząsteczki, atomy i elektrony, jak to dziś pojmujemy — są głęboko ukryte. Niewykształcony pracownik może tu szukać rozwiązań jedynie powolną metodą prób i błędów. Po to, by chemia przemysłowa mogła dotrzymać kroku szybkiemu rozwojowi techniki mechanicznej, potrzebne były specjalne umiejętności ludzi posiadających wykształcenie w zakresie chemii jako dyscypliny naukowej.

Już w latach 50-tych XVIII w. chemicy o wykształceniu akademickim radykalnie zmodyfikowali technikę bielenia włókna. Maślanka, stosowana poprzednio we wstępnym procesie „kwaszenia”, była w warunkach rosnącego zapotrzebowania coraz trudniej dostępna. Francis Home wykazał w drodze skrupulatnych badań eksperymentalnych, że doskonale można ją zastąpić kwasem siarkowym. Nieco wcześniej — w 1746 r. — John Roebuck opracował, użytkując swą znajomość chemii, komorową metodę produkcji kwasu siarkowego, dzięki której cena tego kwasu spadła w ciągu dziesięciu lat o 99%. W ten sposób nauka szybko i skutecznie rozwiązała ów palący problem włókiennictwa.

Ale rozwój przemysłu włókienniczego wymagał wielu innych radykalnych innowacji. Podstawową metodą bielenia było wciąż jeszcze wystawianie przędzy na działanie słońca, trzeba ją było zatem trzymać przez kilka miesięcy na wolnym powietrzu i po prostu nie starczało miejsca, aby móc bielić w ten sposób takie ilości włókna, jakie można było wyprodukować za pomocą nowych maszyn przedziałniczych. Usunięcie tego wąskiego gardła wymagało nie tylko użytkowania przez ludzi kompetentnych utrwalonego już dorobku nauki, ale także wykorzystania najświeższych odkryć chemicznych, będących dziełem kilku spośród najtęższych umyśłów Europy.

W 1774 r. szwedzki uczone K. W. Scheele, jeden ze współtwórców chemii substancji gazowych, odkrył gaz, który dziś nazywamy chlorem. Okazało się, że wodny roztwór chloru nadaje się do rozkładania barwników roślinnych. Zastosowanie chloru do bielenia tkanin badał eksperymentalnie w latach 1785—1786 C. L. Berthollet, nadzorca państwowego przemysłu farbiarskiego we Francji i bodaj największy po Lavoisierze chemik francuski XVIII w. Przeniesienie pomysłu Bertholleta na Wyspy Brytyjskie było zasługą dwóch wybitnych naukowców: Patricka Coplanda, profesora filozofii przyrody w Aberdeen, oraz Jamesa Watta, który wślawił się nie tylko udoskonaleniem maszyny parowej, ale także pracami z zakresu chemii. Już w latach 1787—1788 bielenie za pomocą chloru zastosowały dwie firmy w Szkocji i jedna w pobliżu Nottingham, a wkrótce potem metoda ta upowszechniła się w okręgu Lancashire. W ciągu następnych dziesięciu lat dokonano dalszych ulepszeń praktycznych; wreszcie w latach 1798—1799 Ch. Tennant i G. Macintosh znaleźli ostateczne rozwiązanie: chlorek bielący. Wąskie gardło przemysłu włókienniczego zostało usunięte. I nie ulega wątpliwości, że gwałtowny jego rozwój uwarunkowany był w nie mniejszej mierze wprowadzeniem bielenia za pomocą chloru, niż konstrukcją wydajnych maszyn przedziałniczych i tkaczkich.

Pokazaliśmy na tych przykładach, jak wielki wkład wniosło stosowanie nauki do rozwoju przemysłu w drugiej połowie XVIII w. Można by wskazać wiele innych podobnych przykładów. Przegląd wszystkich tych innowacji z pewnością doprowadziłby do wniosku, że nauka odegrała we wczesnych stadiach rewolucji przemysłowej — w XVIII i w początkach

XIX w. — rolę rzeczywiście niebagatelną. Równocześnie jednak musieliśmy przyznać, że w tym okresie nauka nie była czynnikiem, który by determinował kierunki rozwoju przemysłu. Rozwiązywała ona tylko szczególnie trudne problemy. Falę innowacji technicznych wywołały wówczas rozmaite przemiany ekonomiczne, których omówienie wykraczałoby poza ramy niniejszego artykułu. Do wynalazków zaś i nowych procesów technologicznych dochodzono na drodze czysto empirycznej dzięki pomysłowości i rzemieślniczemu mistrzostwu. Jeśli jednak te metody nie wystarczyły — odwoływano się ostatecznie do nauki, korzystając z niej wtedy tylko, gdy problem okazywał się tak subtelny, iż nie umiano go rozwiązać bez jej pomocy.

W wielu dziedzinach przemysłu rola nauki nie uległa istotnym zmianom w XIX w. Wynalazków mechanicznych nadal dokonywano tą samą empiryczną metodą, co przedtem. I nawet najdonioślejsza innowacja techniczna drugiej połowy XIX w. — produkcja taniej stali — mniej zawdzięczała nauce niż dokonany 60—70 lat wcześniej przewrót w bieleniu tkanin. Bessemer i Siemens korzystali z nauki jedynie marginesowo i dopiero w opracowaniu procesu otrzymywania stali z surówki fosforowej nauka odegrała rolę istotną: Gilchrist Thomas doszedł do tego wynalazku, stosując metodę postępowania właściwą nowoczesnym badaniom stosowanym. Niemniej jednak nie wykorzystał on ani jednej idei chemicznej, która nie pochodziła sprzed 1790 r.

Alé w innych gałęziach przemysłu nauka zaczęła w XIX w. odgrywać nową rolę. Nie ograniczała się już do rozwiązywania poszczególnych problemów, które przemysł stawiał przed nią, gdyż były zbyt trudne, aby można je było rozwiązać metodami empirycznymi. Nauka objęła przewodnictwo, inicjując innowacje techniczne, o których nie można było nawet marzyć, dopóki nie podjęto odpowiednich badań naukowych. Odnosi się to w sposób oczywisty do najrozmaitszych gałęzi przemysłu elektrotechnicznego, na którym jednak nie będę się tu zatrzymywał.

Oczywiście, jeśli rzecz ujmować po prostu w kategoriach nakładu czasu i wysiłku, metoda rzemieślnicza nadal odgrywała w procesie innowacji technicznych rolę znacznie większą niż nauka, nawet w końcu stulecia. Ale już znacznie wcześniej kilku ludzi dalekowzrocznych zrozumiało, że przyszłość należy do tych, którzy potrafią najlepiej stosować naukę. Przytoczę dla przykładu słowa Alexandra Humboldta z pierwszego tomu *Kosmosu*, z 1845 r.: „Te kraje, które pozostają w tyle pod względem ogólnego rozwoju działalności przemysłowej, selekcji i eksploatacji bogactw naturalnych, korzystania z osiągnięć mechaniki i chemii, kraje, w których należyta ocena tej działalności nie przeniknęła do świadomości całego społeczeństwa — skazane są na obniżenie się poziomu życia tym dotkliwsze, że kraje sąsiadujące z nową, jakby młodzieńczą energią kroczą tymczasem naprzód, rozwijając naukę i umiejętności techniczne”<sup>1</sup>.

Zatrzymajmy się na jeszcze jednej dziedzinie, w której ekonomiczne, społeczne i polityczne konsekwencje użytkowania lub nieużytkowania nauki zarysowały się z całą wyrazistością.

W końcu 1855 r. Jakub Natanson, polski chemik, pracujący wówczas na uniwersytecie w Dorpacie (obecnie Tartu), próbował dokonać syntezy acetyloaniliny. W czasie jednej z prób otrzymał on krwistoczerwoną ciecz, zawierającą — jak się później okazało — cenny barwnik anilinowy, zwany dziś fuksyną. Natanson opublikował wprawdzie opis tej reakcji, ale

<sup>1</sup> A. Humboldt: *Cosmos*. Ed. 5. Vol. 5. London 1849 s. 38.



nie przykładał do niej specjalnego znaczenia, nie podejrzewając zapewne nawet, że otrzymany związek może mieć zastosowanie praktyczne. Można w tym braku zainteresowania widzieć odzwierciedlenie faktu, że ani kraj ojczysty Natansona, ani kraj, w którym przez pewien czas pracował, nie należały wówczas do tych, które „z młodzieńczą energią” kroczyły na przód, „rozwijając naukę i umiejętności techniczne”<sup>2</sup>.

W następnym roku Anglik William Henry Perkin, poszukując bezskutecznie metody syntetycznego wytwarzania chininy, uzyskał w zamian błyszczący, nie płowiejący barwnik, moweinę, a pod koniec 1857 r. — wprowadził go do produkcji. Wynalazek Perkina oznaczał narodziny przemysłu syntetycznych barwników, który zapoczątkował wszechstronny rozwój produkcji chemicznej. Był to pierwszy wypadek powstania całej gałęzi przemysłu jako bezpośredniej i natychmiastowej konsekwencji odkrycia naukowego. Przemysł ten zapoczątkowany został w Anglii i można było sądzić, że kraj ten, który od około stulecia dominował we wszystkich nowych gałęziach przemysłu, zapewni sobie dominację i w tej dziedzinie, dzięki tym samym dobrze wypróbowanym metodom.

Tak się wówczas zdawało. Tymczasem wypadki potoczyły się zgoła inaczej. W ciągu 15 lat Anglia została zdystansowana, i to — rzecz osobliwa — przez takiego przemysłowego karzełka jak Niemcy. W 1878 r. — dwadzieścia jeden lat po założeniu pierwszej fabryki moweiny — wytwarzały one ok. 2/3 światowej produkcji barwników syntetycznych, na Anglię zaś przypadało jedynie ok. 15% produkcji światowej. Do 1900 r. Niemcy opanowały aż 90% rynku światowego.

Łatwo można ustalić bardziej powierzchowne przyczyny, dzięki którym Niemcy zdołały odebrać Anglii prymat w tej gałęzi przemysłu: niemieckie fabryki posiadały na wskroś nowoczesne wyposażenie i produkowały w sposób wysoce racjonalizowany. Gotowe były one inwestować ogromne nakłady kapitału, tak np. w 1900 r. sześć największych niemieckich firm produkujących barwniki dysponowało kapitałem ok. 2,5 mln funtów szterlingów, podczas gdy cały kapitał brytyjski w tej gałęzi przemysłu nie sięgał prawdopodobnie kwoty 0,5 mln funtów. I wreszcie okoliczność najbardziej nas tu interesująca: przemysłowcy niemieccy dokładali wszelkich starań, by zaangażować do pracy w swych przedsiębiorstwach dostateczną liczbę utalentowanych pracowników naukowych. W 1900 r. ta sama szóstka największych firm niemieckich zatrudniała 18 000 robotników, 1 300 pracowników biurowych, 350 inżynierów i technologów oraz 500 chemików. Liczba natomiast chemików zatrudnionych w całym brytyjskim przemyśle barwników syntetycznych nie przekraczała w owym czasie 30 lub 40. W rezultacie owa szóstka firm niemieckich uzyskała w latach 1886—1900 aż 948 brytyjskich patentów, podczas gdy sześć największych firm brytyjskich — tylko 86.

Czym się jednak tłumaczy ów fakt, że przemysłowcy niemieccy i brytyjscy postępowali tak różnie — jedni starając się maksymalnie wykorzystać naukę, drudzy zaś ignorując ją? Pytanie to od razu przywodzi na myśl dokonane w 1871 r. zjednoczenie Niemiec oraz świadome wysiłki podejmowane przez organa rządowe zarówno po, jak i przed tą datą, a zmierzające do nadrobienia trzech wieków opóźnienia zdeintegrowanej gospodarki. Przypominamy sobie o umiejętnej polityce patentowej, o roli popieranym przez państwo niemieckich banków, które finansowały prze-

<sup>2</sup> Dziękuję profesorowi Eugeniuszowi Olszewskiemu za wiadomość dotyczącą Jakuba Natansona, która była mi całkowicie nieznana w czasie pisania artykułu.

myśl na skalę nieporównanie większą niż banki brytyjskie. Niemieccy przemysłowcy i organa rządowe doskonale rozumiały, iż jedyna szansa przezwyciężenia trudności związanych z opóźnionym startem leży w maksymalnym wykorzystaniu nauki, zwłaszcza w nowych gałęziach produkcji, z istoty opartych na nauce; tymczasem ich brytyjscy kontrpartnery beztrąsko ufali, że metody, które uczyniły Anglię warsztatem świata, zapewnią jej również utrzymanie zdobytej hegemonii gospodarczej.

Wszystko to ma znaczenie. Ale należy zwrócić uwagę na pewien głębszy czynnik. Jakkolwiek wiele wysiłku wkładaliby kapitaliści w werbowanie uczonych i rozwijanie przemysłu opartego na naukach chemicznych, jakkolwiek wielką uwagę przywiązywałby rząd i banki do popierania i finansowania tych wysiłków, niczego nie zdołanoby osiągnąć, gdyby szkolnictwo nie mogło dostarczyć dostatecznej liczby chemików o odpowiednio wysokich kwalifikacjach. Przechwycenie przez Niemcy przemysłu barwników syntetycznych było możliwe tylko dlatego, że kiedy Natanson i Perkin dokonywali swych odkryć, Niemcy już od dwudziestu z górą lat przodowały w dziedzinie chemii organicznej.

Oczywiście, tej wielkiej szkoły chemii organicznej nie powołały do życia potrzeby przemysłu, który wszak jeszcze nie istniał, i źródłem niemieckiej przewagi w dziedzinie chemii nie były czynniki natury ekonomicznej. Genezy tej przewagi szukać należy w sromotnych klęskach poniesionych w wojnach napoleońskich: nie mogąc podówczas zademonstrować potęgi na innej drodze, Niemcy starali się dowieść wielkości ojczyzny poprzez wybitne osiągnięcia intelektualne. I właśnie ów intelektualny nacjonalizm był bodźcem, który sprawił, że Liebig dał w 1824 r. w uniwersytecie w Giessen początek wielkiej szkole chemii organicznej. Gdy zaś styl kształcenia i pracy badawczej zapoczątkowany przez Liebiga w Giessen zapuścił korzenie w innych uniwersytetach niemieckich, Niemcy zdobyły w dziedzinie chemii organicznej bezwzględny prymat w świecie.

Począwszy od lat 60-tych, kiedy rząd pruski — a później rząd Rzeszy Niemieckiej — podjął świadome wysiłki w kierunku budowy przemysłowych Niemiec, Liebig i inni z łatwością mogli zademonstrować wielkie możliwości, jakie otwiera w tym zakresie nauka. Toteż organa rządowe coraz wydatniej finansowały kształcenie kadr naukowych i prace badawcze w uniwersytetach i uczelniach technicznych. Polityka ta wydatnie przyspieszyła wzrost kwalifikowanej kadry i rozwój wiedzy, umożliwiając błyskawiczny rozkwit niemieckiego przemysłu barwników syntetycznych.

Wspomnę jeszcze pokrótce o niektórych dalszych konsekwencjach: o tym, jak owa gałąź przemysłu rozwinęła się w rozległą dziedzinę produkcji chemicznej, obejmującą najrozmaitsze wyroby, od środków farmaceutycznych po perfumy; i o tym, jak hegemonia w dziedzinie chemii stała się jednym z podstawowych źródeł siły, która dwukrotnie pchnęła Niemcy do prób podboju świata. Wydarzenia lat 1914—1918 zmusiły rządy Wielkiej Brytanii i Stanów Zjednoczonych do podjęcia energicznej akcji modernizowania przemysłu syntezy chemicznej w tych krajach. Mimo to Niemcy utrzymały w okresie międzywojennym przodującą pozycję w wielu gałęziach, m. in. w produkcji kauczuku syntetycznego, tworzywa o pierwszorzędnym — jak się okazało — znaczeniu strategicznym. Wszechstronna potęga chemiczna Niemiec pozwoliła IG Farbenindustrie założyć rozległą sieć międzynarodowych karteli, która była bodaj najbardziej skuteczną tajną bronią Hitlera. Wymieniliśmy tu jedynie kilka

konsekwencji tego, iż Niemcy potrafiły w pełni wykorzystać możliwości chemii organicznej, podczas gdy inne kraje nie zdołały tego dokonać.

Historia barwników syntetycznych była lekcją, która później znalazła odbicie w wielu innych dziedzinach. Po pierwsze, pokazała, że aby utrzymać postęp techniczny we współczesnych warunkach, przemysł musi wydawnie korzystać z nauki. To zaś z kolei wymaga, aby istotną rolę w kierowaniu przemysłem odgrywali ludzie o kwalifikacjach naukowych i technicznych; w wielu krajach, także w Wielkiej Brytanii, warunek ten nie jest nawet obecnie spełniony. Ale najistotniejszy wniosek to ten, że aby dostarczyć kadr, których potrzebuje rozwijająca się gałąź przemysłu, szkolnictwo musi wykształcić odpowiednich specjalistów-naukowców i odpowiednio wykwalifikowanych inżynierów o całe pokolenie wcześniej. W pewnym sensie przemysł niemiecki miał wiele szczęścia: skorzystał z istniejącego już w Niemczech systemu kształcenia w zakresie chemii, którego nie wprowadzano bynajmniej z myślą o przemyśle. Inne kraje muszą brak szczęścia zastąpić planowaniem.

Niektóre kraje sądzą, iż znalazły inną metodę zdobywania kadr naukowych — drenaż mózgow, który wydaje się metodą tańszą niż rozwijanie własnego szkolnictwa. Ale przykład produkcji barwników i w tej materii nasuwa krytyczną refleksję. Pomijając bowiem ów szczegół, że sam Perkin był Anglikiem, brytyjski przemysł barwników syntetycznych stworzono właśnie metodą drenażu mózgow. Perkin pracował bowiem w Królewskim Kolegium Chemicznym, które założono w Londynie w głównej mierze dzięki namowom i staraniom Niemca — Liebiga. Kształcił się zaś u innego wielkiego chemika niemieckiego: Augusta Wilhelma Hofmanna i właśnie Hofmann zainspirował go do podjęcia badań, które przyniosły w efekcie wytworzenie barwnika syntetycznego. Kolegium Chemiczne wiele zawdzięczało stałej pomocy chemików niemieckich. Brytyjskie firmy produkujące barwniki opierały się początkowo na specjalistach niemieckich, którym emigracja stwarzała podówczas korzystniejsze warunki pracy. Ale gdy tylko niemieccy przemysłowcy i rząd niemiecki zaoferowały im znacznie bardziej zachęcające perspektywy, niemieccy chemicy powrócili do ojczyzny, zabierając z sobą swoje doświadczenie. W 1865 r. Hofmann objął katedrę w Berlinie, stając się podporą niemieckiego przemysłu chemicznego. Wielka Brytania zaś nie miała w ciągu następných dziewięciu lat ani jednego profesora chemii organicznej.

Brytyjski przemysł barwników syntetycznych, powtórzmy, oparł się początkowo na kaperowaniu obcych specjalistów. Ale skaperowani fachowcy zazwyczaj odchodzą, gdy tylko polityka w ich kraju ulegnie zmianie. Niektóre kraje powinny dziś o tym dobrze pamiętać.

## РОЛЬ НАУКИ В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В XVIII И XIX В.

Основоположники новых направлений в науке в XVII в. увлеклись возможностями использовать их для улучшения жизненных условий человечества. Но они очень сильно недооценивали размер работ, которые нужно выполнить, чтобы воплотить в жизнь эти возможности.

Промышленная революция XVIII века была совершена в основном, дерзновенными, трудолюбивыми и предприимчивыми людьми без помощи науки. Но в процессе промышленного развития возникали такие сложные вопросы, что их можно было разрешить только



при полном использовании научных знаний и методов. Несколько подробнее обсуждается пример, касающийся белины.

На этом этапе наука едва соответствовала требованиям, которые ей предъявлялись извне. Но уже в XIX веке наука все более и более принимала на себя роль инициатора промышленного развития, о чём нельзя было даже подумать раньше, до момента, когда был проведен целый ряд научных исследований. Этот вопрос иллюстрируется коротким очерком истории химической промышленности синтетических материалов. Затем изложена дискуссия о причинах — особенно в области образования — доминирующей роли промышленности в Германии, с комментарием о последствиях, которые позже потрясли мир.

Можно сделать следующие выводы:

- (1) Чтобы поддержать технологический прогресс в современных условиях промышленность должна широко использовать научные открытия;
- (2) Образовательная система, которая обычно подготавливает необходимые научные и технические кадры, должна быть подготовлена к этому на целое поколение вперед;
- (3) Попытка получить научные кадры методом „осушения мозгов” привела Великобританию к потере руководящей роли в промышленности синтетических химических материалов; то же самое ожидает тех, кто попытается использовать этот метод сегодня.

#### SCIENCE IN THE DEVELOPMENT OF INDUSTRY IN 18TH AND 19TH CENTURIES

The seventeenth century founders of modern science were enthusiastic about the possibilities of applying it for human betterment. But they grossly underestimated the amount of work needed to realise these possibilities.

The eighteenth century Industrial Revolution was carried through largely by ambitious, industrious and ingenious practical men, without benefit of science. But industrial expansion created certain problems so difficult that they could only be solved by full use of scientific knowledge and method. An example concerned with bleaching is discussed in some detail.

At this stage science merely responded to demands that arose outside itself. But in the nineteenth century science increasingly took on the new role of initiator of industrial developments which could not have even been thought of before the research had been done. This theme is illustrated by a sketched history of the synthetic chemical industry. This is followed by a discussion of the causes — particularly in the educational field — that led to the domination of the industry by Germany, with a mention of the world-shaking consequences that followed.

The following conclusions emerge:

- 1) To maintain technological progress in modern conditions, industry must make ample use of science;
- 2) The educational system that use to provide the necessary scientific and technological manpower must be set up a whole generation in advance;
- 3) The attempt to obtain scientific manpower by the „brain drain” method led to Britain's loss of leadership in synthetic chemicals; and could do the same for those who try to use it today.