

**А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р**



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»  
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ  
ПРИ ИНСТИТУТЕ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР  
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,  
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,  
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,  
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,  
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),  
И. А. Федосеев (зам. председателя),  
Н. А. Фигуровский (зам. председателя),  
А. А. Чеканов* , *А. П. Юшкевич,  
А. Л. Яншин (председатель), М. Г. Ярошевский*

**Н. В. Перцов,  
А. Э. Петросян**

**Всеволод Степанович  
ВЕСЕЛОВСКИЙ**

(1900—1977)



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1983

П 27 Перцов Н. В., Петросян А. Э. **Всеволод Степанович Веселовский (1900—1977)**. — М.: Наука, 1983. — 96 с. — (Серия «Научно-биографическая литература»).

Книга посвящена жизни и научной деятельности видного советского ученого-горняка и физикохимика профессора Всеволода Степановича Веселовского, известного своими работами в области исследования природного и получения искусственного графита, созданием учения о дисперсной структуре. В. С. Веселовский внес существенный вклад в борьбу с самовозгоранием углей, в разработку методов профилактики и прогноза эндогенных пожаров.

Монография предназначена для широкого круга читателей, интересующихся историей науки и техники.

Ил. 11. Библиогр. 125 назв.

25

Ответственный редактор  
доктор технических наук  
Г. Д. ЛИДИН

Николай Валериевич Перцов, Артур Эмануилович Петросян  
**Всеволод Степанович Веселовский**  
(1900—1977)

Утверждено к печати Редакцией серии  
«Научно-биографическая литература» Академии наук СССР

Редактор Н. Г. Явкина. Художественный редактор Н. А. Фильчагина.  
Технический редактор В. В. Тарасова  
Корректоры Р. З. Землянская, Е. Л. Сысоева

ИБ № 27445

Сдано в набор 11.07.83. Подписано к печати 28.09.83. Т-16659  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура обыкновенная  
Печать высокая. Усл. печ. л. 5,04. Уч.-изд. л. 5,5. Усл. кр. отт. 5,25.  
Тираж 2650 экз. Зак. 571.  
Цена 55 коп.

Издательство «Наука», 117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

Ордена Трудового Красного Знамени Первая типография  
издательства «Наука», 199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12

II  $\frac{2500000000-531}{042(02)-83}$  306-S3-IV

© Издательство «Наука».  
1983 г.

## Предисловие

Биография ученого часто служит предметом пристального внимания и изучения. Жизнь ученого, как и представителей других творческих профессий — художников, артистов, литераторов, — интересна, разнообразна, наполнена яркими встречами, событиями и мыслями. В ней, как в зеркале, отражается эпоха и пути развития науки. Разбор и выявление методологии ученого полезны для молодежи, вступающей в науку.

Всеволод Степанович Веселовский принадлежит к плеяде ученых, которые участвовали в становлении советской науки. Глубокий, тонкий и самобытно мыслящий исследователь, умный, добрый человек — он оставил яркий след в науке и светлую память о себе. Его жизнь была целиком посвящена одной цели, одной страсти — Науке, поиску истины, проникновению в сущность вещей и явлений. Обладая замечательной работоспособностью, он занимался научной деятельностью самозабвенно, ежедневно в течение всей жизни по многу часов проводя в лаборатории и дома за письменным столом. Им написано 11 книг, множество статей, брошюр, инструкций, руководств; в его архиве — интереснейшие воспоминания, мысли о развитии естествознания и общества.

Всеволод Степанович был ученым-экспериментатором. В каждой научной и технической проблеме, которой он занимался, всегда главным и первостепенным был глубокий анализ исходных причин изучаемых явлений, выделение основных физических процессов и движущих сил и, как следствие, разработка теоретических основ. Конечным результатом научных исследований всегда было их приложение к решению важных технологических проблем.

Свою научную деятельность В. С. Веселовский начал один, без помощи и поддержки учителей, вне сформировавшейся школы. Правда, в то время, когда происходило становление его как ученого, в химической науке и технологии таких школ было не так много. Всеволод Степанович создал несколько крупных научных направлений: научные основы технологии искусственного графита, учение о дисперсной структуре минерального сырья,

теорию самовозгорания углей и руд, физико-химические основы борьбы с рудничными пожарами. Он оставил после себя много учеников и последователей.

Материал книги расположен в основном в хронологическом порядке, что позволило наиболее четко проследить за развитием творчества ученого, показать своеобразие его методов научного поиска.

При подготовке биографии В. С. Веселовского авторы широко пользовались архивными материалами, которые отобрала и подготовила его жена М. М. Веселовская. В текст биографии включены выдержки из воспоминаний, дневниковых записей и писем (они даются в кавычках без ссылки на источник). Первая глава написана С. М. Голицыным при участии Е. М. Перцовой. Авторы использовали также воспоминания о В. С. Веселовском, которые написали к его юбилею коллеги, друзья, ученики. В работе над книгой приняли участие Е. Ф. Чалых, И. Л. Эттингер, Н. Н. Шипков, М. В. Голицын, Е. А. Терпигосова, Л. П. Виноградова, А. В. Перцов, С. В. Мейен. Большую помощь при подготовке рукописи к изданию оказала В. И. Агафонова. Всем этим лицам авторы приносят сердечную благодарность. Авторы глубоко признательны за просмотр и высказанные ценные замечания рецензентам — профессору В. В. Ходоту, доценту Е. Ф. Чалых и кандидату технических наук А. З. Чаповскому.

Период, связанный с деятельностью В. С. Веселовского во Всесоюзном институте минерального сырья, описан Н. В. Перцовым, в Институте горного дела — А. Э. Петросяном. Основные даты жизни и библиография составлены М. М. Веселовской.

## Глава 1

### Начало жизненного пути

Всеволод Степанович Веселовский родился 4(17) октября 1900 г. в Москве.

Род Веселовских<sup>1</sup> происходит из смоленских дворян и известен со второй половины XVII в. Его представители до середины XIX в. были преимущественно военными, участвовали почти во всех военных кампаниях, в том числе и в Отечественной войне 1812—1814 гг. Среди предков ученого интересна фигура Константина Степановича Веселовского (1819—1904), профессора политической экономии, академика. Его племянница — революционерка Софья Перовская — была казнена в 1881 г. за участие в покушении на царя Александра II.

Младший брат Константина Степановича, Борис Степанович Веселовский (1829—1911), дед Всеволода Степановича, по образованию агроном, обладал большим практическим умом и был одним из первых, кто стал переходить в Саратовской губернии от скотоводства к земледелию. У него было 15 детей, и отец Всеволода Степановича — Степан Борисович Веселовский (1876—1952) был его третьим сыном. В 1898 г. он поступил на юридический факультет Московского университета. Закончив университет в 1902 г., Степан Борисович начал заниматься научной деятельностью — изучать архивные документы. Он был учеником крупного историка, профессора Московского университета В. О. Ключевского. Особенно интересовали С. Б. Веселовского финансовые документы XVI—XVII вв. В 1915 г. он опубликовал свой капитальный труд «Сошное письмо». За это сочинение Степану Борисовичу была присуждена в 1917 г. степень доктора наук без защиты диссертации «honoris causa». К нему на квартиру приходили в гости профессора-историка, ученики В. О. Ключевского: М. М. Богословский, С. В. Бахрушин, М. К. Любавский, А. И. Яковлев и др., бывал писатель И. А. Бунин.

<sup>1</sup> Архив В. С. Веселовского, хранящийся у М. М. Веселовской.



**С. Б. Веселовский**  
(1950 г.)

С. Б. Веселовский был крупнейшим знатоком архивных документов социальной и экономической истории Московского государства XIV—XVII вв. В этой области им опубликован ряд капитальных трудов. В 1929 г. его избрали членом-корреспондентом Академии наук СССР, в 1946 г. — академиком<sup>2</sup>.

Чтобы читатель яснее почувствовал, что С. Б. Веселовский представлял собой как ученый, приведем цитату из статьи академика Л. В. Черепнина «Степан Борисович Веселовский»:

«У него был свой, сложившийся годами, устойчивый ритм работы. Он рабо-

тал изо дня в день, с утра до позднего вечера, размеренно и четко, с небольшими интервалами для отдыха, умея не растрчивать даром время. Терпеть не мог заседательской суеты и, избегая ее, сохранил для науки много часов... Он охотно делился материалами... не только с маститыми учеными, но и с начинающими исследователями, если видел у них настоящий интерес к научной работе. Он не признавал в науке монополий, монопольных проблем и был рад, когда другие занимались тем же, чем и он. Ему было чуждо какое-либо чванство своим ученым именем, положением. Он был доступен и прост»<sup>3</sup>.

Всеволод Степанович Веселовский по специальности был весьма далек от научных интересов своего отца, но несомненно, что последний имел на сына большое влияние. И многое из того, что историки пишут об особенностях научной деятельности отца, можно отнести и к сыну.

Дед Всеволода Степановича со стороны матери — Евгений Леонтьевич Сифферлен (1846—1909) происходил из семьи эльзасских мастеров-текстильщиков, родился

<sup>2</sup> Веселовский С. Б. — БСЭ, 3-е изд. М., 1971, т. 4, с. 1695—1696.

<sup>3</sup> История и генеалогия: Сб. статей. М.: Наука, 1977, с. 9—41.

в России, образование получил во Франции и вновь вернулся в Россию. Он был первым в России специалистом по окраске тканей — химиком с высшим образованием. Работал на текстильной фабрике Гюбнера в Москве (ныне Московский шелковый комбинат им. Я. М. Свердлова). Начав свою деятельность с низших должностей, он впоследствии стал директором-администратором. Е. Л. Сифферлен был справедливым человеком и пользовался уважением рабочих. Позднее Всеволод Степанович напишет: «В своем характере я нахожу сходство с французским дедом».

Мать Всеволода Степановича — Елена Евгеньевна — получила прекрасное образование, свободно говорила на французском, немецком и английском языках, неплохо играла на рояле. Ее нежный благородный облик оказал благотворное влияние на старшего сына Всеволода.

В первые годы жизни Всеволода Степановича семья жила у деда Сифферлена на Девичьем поле, в старинном доме по Погодинской улице, впоследствии — на Арбате, в доме № 23. На лето семья переезжала в Татариновку — маленькое подмосковное имение.

Всеволод был старшим сыном в семье, у него было шесть братьев и сводная сестра. Осенью 1909 г. трое старших мальчиков поступили учиться в известную школу М. Х. Свентицкой на Сивцевом Вражке, где, кроме преподавания обычных предметов начальной школы, детей учили петь, рисовать, лепить из глины, столярному и корзиночному делу. Они часто ходили на экскурсии в музеи, зоопарк, ездили кататься на лыжах на Воробьевы горы и на коньках на Девичье поле.

В 1911 г. Всеволод и его два брата продолжили обучение в частной гимназии, помещавшейся на Пречистенке (ныне Кропоткинская ул.). Основателем гимназии был известный педагог-либерал Лев Иванович Поливанов (1838—1899). Плата за учебу была высокая — 200 рублей в год, но из стен гимназии выходили юноши с прекрасным образованием и высокой общей культурой. Главное внимание обращалось на гуманитарные науки. Кроме русского языка преподавались французский, немецкий, латинский и славянский языки.

Учился Всеволод средне, однако дома он занимался ботаникой, биологией, химией, делал физические и химические опыты, собирал разные коллекции, интересовался также этикой и социологией.

Летние каникулы семья проводила в Татариновке. Мальчики дружили с деревенскими ребятами, ходили в туристические походы, стреляли в цель из ружья, увлекались конструированием планеров, даже сами пытались летать. В детстве Всеволод не обладал достаточной силой и ловкостью, и все же мальчишечья ватага именно его неизменно выбирала своим главарем. Не стремясь к «власти» над сверстниками, он увлекал их своей инициативой, выдумками, энергией.

После Октябрьской революции С. Б. Веселовский поступил на службу в Центральный государственный архив древних актов. С весны 1918 г. семья жила в Татариновке, где занималась сельским хозяйством. Сами обрабатывали землю, ухаживали за скотом.

Всеволод закончил семь классов гимназии и на все лето с присущей ему энергией включился в сельскохозяйственные работы.

Осенью занятия в гимназии не возобновились, однако Всеволоду удалось поступить в Московский университет. Под влиянием отца он выбрал юридический факультет. Но жить в Москве было трудно, государственное право, философию и психологию он изучал больше дома, в Татариновке, по книгам и конспектам, а лекций почти не слушал.

1919 год провели тяжело. Московская квартира стояла нетопленной, выручали овощи, выращенные своими руками в Татариновке. Всеволод перевелся на естественное отделение физико-математического факультета, но из-за голода и разрухи занятия постоянно прерывались, осенью того же года Университет был временно закрыт.

В 1919 г. Всеволод Веселовский поступил в качестве санитарного агента в эпидемический отряд, сформированный Наркомздравом для Восточного фронта, и с этим отрядом уехал в Уфу. Он писал домой письма о недостатке продуктов, ценах, грязи, сыпном тифе, которым переболело большинство сотрудников отряда, а сам он каким-то чудом не заразился. Работать было трудно, но он пишет из Чишмы: «Я не чувствую особых лишений. Настроение хорошее: наконец я делаю полезное дело и в такой необыкновенной обстановке».

В 1920 г., продолжая служить санитарным агентом, Всеволод Веселовский поступил в Уфимский политехникум на химический факультет. В августе того же года его призвали в Красную Армию и назначили казначеем в 27-ю стрелковую бригаду, стоявшую там же, в Уфе.

В конце 1920 г. Всеволода перевели в штаб 23-й дивизии, где недолгое время он занимался топографией, затем стал шофером, а позже казначеем. В свободные часы он изучал философию, читал Гегеля, Канта, Шопенгауэра, занимался математикой.

До середины 1922 г. В. С. Веселовский продолжал служить в Красной Армии финансистом штаба бригады. Затем бригаду расформировали, его назначили членом ликвидационной комиссии. 18 августа 1922 г. он выехал в штаб дивизии, в Самару, и оттуда был откомандирован в Москву в резерв Генерального штаба. 11 октября его демобилизовали, однако вновь поступить в Университет он опоздал.

В начале зимы 1922 г. В. С. Веселовский поселился в Москве с твердым намерением вновь поступить в университет. Всю зиму и весну 1923 г. он готовился к экзаменам и одновременно давал частные уроки по арифметике.

Лето проводил то в Татариновке, то в Москве и ежедневно продолжал усиленно готовиться к экзаменам. Университет был его главной мечтой. Экзамены Всеволод успешно выдержал и в сентябре 1923 г. поступил на естественное отделение физико-математического факультета МГУ. Сразу стал много и серьезно заниматься, чтобы наверстать потерянное время. Больше всего его увлекала химия. Он шел первым по лабораторным занятиям, которым уделял основное внимание. Лекции по общей химии читал известный профессор И. А. Каблуков. Были очень интересные лекции по зоологии с введением в научные проблемы генетики профессора Н. К. Кольцова и др.

У себя дома В. С. Веселовский устроил лабораторию: извлек старинный микроскоп деда, купил аптекарские весы, центрифугу, набор реактивов. Остальное оборудование и посуду для занятия микрохимией сделал сам и производил разнообразные опыты. Эта домашняя лаборатория очень пригодилась, когда Всеволод стал выполнять некоторые заказы для нэпманов-кустарей, например изготавливал олифу. Для заработка также расчищал снег на ипподроме или работал счетоводом в Моссельпроме. В июне 1925 г. поступил на работу в представительство Киргизской АО РСФСР при ЦИКе.

Летом 1926 г. В. С. Веселовский поехал на свою первую производственную практику на цементный завод в Ростове-на-Дону. Позднее он писал: «Я всегда имел вкус к практической деятельности. Меня сразу послали на

производство. При этом я обнаружил у себя чутье к производственному процессу. Недели через две я ориентировался в нем так, что на меня удивлялись старые работники. Затем стал разбираться в недостатках и, наконец, намечать улучшения».

Летом 1927 г. Всеволод был на второй производственной практике на Саткинском сталеплавильном заводе около Златоуста. Его зачислили в лабораторию делать анализы руды, чугуна, флюса. Это был старинный, основанный в середине XVII столетия, завод с двумя старенькими доменными печами, водяная мельница приводила в движение воздуходувку, плавка велась на древесном угле.

В свободное время Всеволод бродил по расположенным в окрестностях горам, с любопытством рассматривая обнажения горных пород. В огромных складках измятых пластов метаморфических сланцев обнаружил жилки асбеста. В ручье нашел крупинку золота и, принеся в лабораторию, сделал реакцию на «кассиев пурпур». Осмотрел знаменитый Саткинский магнезитовый карьер, побывал на Бакальском руднике, везде собирал образцы горных пород. Уезжая в Москву, к изумлению хозяйки, выбросил из чемодана часть книг и одежды, положил в него камни и разные образцы.

Естественные науки все больше захватывали Всеволода. На любознательного, добросовестного и знающего студента обратил внимание профессор, в будущем член-корреспондент АН СССР, Адам Владиславович Раковский (1879—1941) — известный физикохимик, по учебнику которого училось много поколений студентов. По его рекомендации записи лекций Всеволода печатались на гектографе. «Издательство Веселовского» приобрело известную популярность среди студентов.

Под влиянием А. В. Раковского Всеволод увлекся термодинамикой. Позднее он записал: «Термодинамика обычно излагается так, что ее математический аппарат мешает понимать физическую ее сущность. Около этого я и трудился».

Профессор Б. В. Ильин организовал семинар по молекулярной физике. Его участники делали доклады на самые актуальные темы: полярность молекул, адсорбция, межмолекулярные силы. Это была живая научная мысль, которую Всеволод Степанович воспринимал с восторгом, хотя многого не понимал. Знания, полученные на семинаре, заставили его задуматься над самыми фундамен-

тальными представлениями физики. Здесь он познакомился с будущими крупными учеными, с которыми ему потом пришлось встречаться и сотрудничать. Среди них были П. А. Ребиндер, Б. В. Дерягин, М. М. Дубинин, А. Н. Фрумкин, И. В. Курчатов, В. К. Семенченко и др.

Последний практикум В. С. Веселовского был по органической химии. Руководил практикумом Н. И. Гаврилов, впоследствии известный ученый в области природных веществ. Всеволод Степанович вспоминал: «В конце он предложил мне специальную работу по синтезу никотина. Я с увлечением за нее принялся. Синтез был сложный, и я его не довел до конца. Но из-за него я впервые познакомился с настоящим научным исследованием. Гаврилов намекал, чтобы я остался на кафедре. Но мне не хотелось специализироваться по органической химии. Меня больше всего привлекали области, которые требовали абстрактной мысли. Основной из них, несомненно, является физическая химия».

В 1929 г. В. С. Веселовский окончил университет. Впереди была самостоятельная работа. Кто-то из знакомых по семинару посоветовал обратиться в Институт прикладной минералогии — там предполагали расширить работы по физической химии.

Институт прикладной минералогии, впоследствии преобразованный во Всесоюзный институт минерального сырья (ВИМС), помещался в новом роскошном по тем временам здании в Старомонетном переулке на Полянке. Институту требовался лаборант-химик для работы по графиту. Руководил исследованиями Иосиф Адольфович Шапиро. Он рассказал о предстоящей работе, которая показала молодому выпускнику университета довольно далекой от науки. Но это не смутило Всеволода Степановича. Ему казалось, что во всяком научно-исследовательском институте есть неограниченные возможности. В мае 1929 г. В. С. Веселовский был зачислен на должность лаборанта термической лаборатории.

## Глава 2

### Научная деятельность в 1930—1940-х годах

#### Основные направления научных исследований

##### Исследования природного графита

Работа в Институте прикладной минералогии сразу и целиком захватила В. С. Веселовского. «Здесь, в Институте, спокойная трудовая обстановка. Большинство трудятся потому, что любят свое дело и верят в его полезность. Сотрудникам предоставлена полная свобода, никаких определенных часов службы. Только обслуживающий персонал является в 9 часов и уходит в 17. Научные сотрудники сидят в лабораториях весь день, иногда до ночи, отлучаясь только, чтобы поесть», — записал в своем дневнике В. С. Веселовский. Руководил лабораторией Эргард Викторович Брицке (1877—1953), впоследствии академик, видный советский химик-технолог.

Новое, специально построенное, здание института было хорошо оснащено новейшей лабораторной техникой, по большей части купленной в Германии. Возможности для научной деятельности были большие. Правда, работы по технологии графита сильно отличались от академических исследований и, собственно говоря, не требовали университетского образования. Однако новизна проблемы и обстановка практической деятельности увлекли Всеволода Степановича. Быстро поняв, что для проведения исследований прежде всего необходимы количественные методы оценки графитовых материалов, он буквально в первые же месяцы разработал метод для определения зольности графита, т. е. примесей, которые остаются после его сжигания. Этой работой он обратил на себя внимание не только своего начальника И. А. Шапиро, но и профессора Э. В. Брицке. Энергия и способности молодого исследователя были оценены, и с нового (1930) года его перевели в научные сотрудники. Выполненные исследования послужили материалом для первой научной публикации («Метод массового определения золы в графите») [1].

Всеволод Степанович с энтузиазмом занимался графитом. В результате чтения специальной литературы он понял, что наиболее известное применение графита — в карандашах — хотя и самое древнее, но потребляет только 5% добываемого графита. Главные же его потребители — металлургия, электротехника, электрохимические производства, позднее — ракетная техника. При этом графит редко применяется в чистом виде, обычно его добавляют в сложные смеси, которым он придает замечательные свойства. Например, в литейном деле из графита изготовляют «краску», которой покрывают поверхность форм, чтобы воспрепятствовать припеканию формовочной земли к отливке. Отливка вследствие этого получается чистой и требует меньше труда для дальнейшей обработки. Достигается и экономия металла, так как его меньше тратится при обработке отливки. Хотя расход графита ничтожно мал по сравнению с весом продукции, литейное производство потребляет больше половины добываемого графита.

Другая, не менее ответственная, область — гальванические элементы. В них графит принимает участие в превращении химической энергии в электрическую. На это тогда расходовалось 30% добываемого графита.

Можно указать еще десятки областей, где графит служит незаменимым материалом. И замечательно разнообразие служебных функций, которые он способен выполнять: сверхогнеупорный материал, проводник электрического тока, смазочный материал для механизмов, в которых невозможно использовать смазочное масло, и др.

Следующая самостоятельная работа Всеволода Степановича была посвящена проблеме обогащения графитовых руд [2]. Задача заключалась в том, чтобы уменьшить содержание минеральных примесей в графите Курейского месторождения в Тунгусском угленосном бассейне, расположенном между Леной и Енисеем. Проанализировав существующие методы обогащения графитовых руд, в том числе флотационный, Всеволод Степанович пришел к выводу о его полной непригодности для решения поставленной задачи и предложил собственный оригинальный метод рассева измельченной руды на ситах. На его основе удалось разработать промышленную технологию, позволяющую выделить богатые составные части руды. Этот способ стал применяться в промышленности.

Путем дальнейшей химической обработки концентрата и его измельчения на коллоидных мельницах (эта работа была выполнена Л. В. Лютиным) были получены препа-

раты коллоидного графита, не уступающие по качеству лучшим иностранным образцам. Тем самым было решено несколько важных проблем, в том числе разработана технология получения графитосодержащих смазок для тяжело нагруженных узлов трения и для протягивания вольфрамовой проволоки, а также получен графито-коллоидный препарат для предотвращения отложения накипи в паровых котлах. При проведении этих работ Всеволод Степанович близко познакомился с Петром Александровичем Ребиндером (1898—1972), впоследствии академиком, одним из основателей современной коллоидной химии. Сотрудничество и общие научные интересы сблизили двух замечательных ученых, до конца своих дней сохранивших дружеское расположение друг к другу и неослабевающий взаимный научный интерес.

Уже в эти первые годы самостоятельной исследовательской работы ярко проявился основной принцип В. С. Веселовского — во всяком деле доходить до первоисточков, до самой глубины и сути вещей. Так было и с проблемой графитового сырья для обеспечения промышленности высококачественным графитом. По этому поводу Всеволод Степанович писал: «Надо систематически изучать месторождения графита. Определить, в которых из них графитоносная порода может считаться рудой. А для этого надо знать технологию потребления графита и какие его сорта требуются в разных отраслях промышленности. Наконец, надо разработать способы, которыми можно получить из руды требуемые сорта графита. А узнать это можно только путем собственного опыта, так как руды разных месторождений эффективно перерабатываются разными способами. Иностранный опыт в этом может мало помочь».

В 1930 г. институт организовал геологическую экспедицию в Восточные Саяны на только что обнаруженное графитовое рудопроявление. Всеволод Степанович едет туда в качестве помощника начальника экспедиции по технологической части. С поставленной задачей оценить новое месторождение экспедиция справилась успешно, но результат был негативный: хороший графит обнаружили только в тонких малочисленных жилах, и промышленного значения он не имел. Это была первая экспедиционная поездка. Потом было много других. Но уже в самом начале работы Веселовскому-химику становится ясно, что без серьезных геологических знаний работа в области химических проблем минерального сырья не может быть

плодотворной. И он серьезно принимается за изучение геологии, одновременно глубоко вникая в химические задачи, которые также ждут своего решения.

В конце 1930 г. В. С. Веселовского назначают заведующим лабораторией минеральных коллоидов, созданной по его инициативе. Кроме графита, который из-за чешуйчатого строения очень склонен образовывать коллоидные системы, его работы распространялись на глины и дисперсную двуокись кремния. «Литературные данные о графите оказались негодными для применения в технике. Нетрудно было понять, что это обусловлено неумением характеризовать материал, который подвергался испытанию. Сложнее было догадаться, что причина этого в непонимании того, что свойства материала зависят не только от его химического состава, но и от структуры самого материала, т. е. величины, формы и взаимного отношения кристаллов и частиц, того, что я стал называть дисперсной структурой. Так я поставил проблему методологии для характеристики и исследования промышленных материалов. В этой области на меня влияние оказал П. А. Флоренский<sup>1</sup>». Это написано В. С. Веселовским много позже, но в этом — самое главное. Тогда, в начале 30-х годов, всего через два года после окончания университета, Всеволод Степанович самостоятельно, двигаясь наощупь в малоразработанной области, оперируя с промышленными объектами и выполняя технологическую задачу, приступил к разработке важной научно-технической проблемы — учения о дисперсной структуре (см. ниже). Это учение стало основой его научной деятельности на многие годы вперед.

Началось со сравнительного изучения графитов разного происхождения. «Недостаточная ясность наших знаний по графиту, пестрота встречающихся в справочниках данных о физико-химических константах графита обусловлены причинами двух категорий. Причины первой категории имеют субъективный характер: исследователи не уделяют достаточного внимания характеристике исследуемого ими материала. . . Очень редко авторы сообщают о степени измельчения. Другими словами, физики, преимущественно работавшие в области графита, недостаточно учитывали разнообразие его свойств, зависящих от

---

<sup>1</sup> Павел Александрович Флоренский (1882—1943), известный ученый в области технической физики, редактор Технической энциклопедии. — БСЭ, 3-е изд. М., 1977, т. 27, с. 496.

условий генезиса и структуры. Причины второй категории носят объективный характер и связаны с природой самого графита, свойства которого, более чем в каком-либо другом веществе, сильнее всего зависят от степени его дисперсности (не столько внешней, сколько внутренней), а для учета дисперсности в настоящее время не известно почти никаких методов», — писал тогда В. С. Веселовский [3]. И он приступает к разработке таких методов, которые бы давали количественные характеристики исследуемых графитных материалов, в частности метода определения дисперсности, основанного на измерении скорости окисления графита: чем графит мельче, тем он быстрее окисляется. Эта работа была выполнена вместе с Валерием Николаевичем Перцовым, с которым они вместе проработали долгие годы, пока тот не ушел на фронт (погиб в 1941 г.).

Для Всеволода Степановича наступила трудная пора. В 1931 г. ему было поручено возглавить Графитовый сектор, через год его назначили заведующим физико-химической лабораторией, которая образовалась слиянием Графитового сектора и групп, работавших под руководством П. А. Ребиндера, Э. В. Волковой, Б. В. Дерягина, М. П. Воляровича и части лаборатории А. Ф. Капустинского. В. С. Веселовский стал одним из ведущих работников института в области технической политики минерального сырья.

Здесь в полной мере сказалась склонность В. С. Веселовского к практической деятельности: он теперь весь поглощен ею — организацией и руководством технологией минерального сырья на современном научном уровне. После университетской сухой науки работа над живым делом целиком его захватила. Он с энергией принялся за новую область исследования, почувствовал, что такая деятельность очень ему подходит. Вместе с тем В. С. Веселовский начал понимать, что в университете его учили не вполне тому, что было нужно: самое ценное, что может давать высшая школа, — принципы науки — преподавались так, что оказывались перегруженными историческими сведениями. Он стремительно усваивает новый материал и накапливает необходимые знания, много и напряженно работает.

Самое замечательное в этой работе — умение Всеволода Степановича рационализировать труд, схватить самую суть предмета и включить ее в систему знаний, которую он постепенно строит. Особенно характерно упорство,

с которым он каждую мысль додумывает до конца, а также умение отместить все постороннее и второстепенное. Ему ничего не стоит просидеть за столом целую неделю и исписать груды бумаги, чтобы из путаницы понятий и мнений выделить ясную мысль, входящую как необходимое звено в общую систему. Личную жизнь ему заменила всепоглощающая мыслительная деятельность, где он стремился построить рационально обоснованную систему знаний. Искусства и социальные проблемы интересовали его лишь постольку, поскольку они должны были найти место в его системе знаний. Самое значительное в его работе было то, что она не являлась только стремлением к знанию и к достижению практических результатов, а выражала стремление ученого к цельному мировоззрению.

### **Получение искусственного графита**

Работы по графиту все время расширялись. К 1932 г. в них участвовало 40 человек. Для их проведения требовались более серьезные научные основы, чем те, которые использовались в этой области другими исследователями. В. С. Веселовский стал систематически собирать библиографию по физической химии графита, по графитному промышленному сырью и его технологии. Вместе с В. Н. Перцовым составил каталог месторождений графита. По литературе и на практике изучал производство товарного графита и его применение в разных областях.

В графите остро нуждались самые разнообразные области промышленности. Металлургия и электротехника, карандашное производство, промышленность смазочных средств, транспорт и связь требовали много графита, причем определенных сортов для разных целей. Поэтому наряду с разведкой графитовых месторождений, разработкой технологии обогащения, извлечения и очистки графита возникла проблема получения искусственного графита.

Соответствующий промышленный процесс был разработан в конце XIX в. американским инженером Е. Ачесоном и заключался в нагревании углей до высоких температур (выше 2200 °С в электрической печи сопротивления). Однако в нашей стране таких производств не было. Теория этого процесса была совершенно не разработана, что создало благоприятные условия для засекречивания в США производства. В результате, когда В. С. Веселовский вплотную приступил к решению проблемы получения искусственного графита в промышленных масштабах,

он наткнулся на большие технические трудности, требовавшие попутно с технологическими исследованиями изучения физико-химических основ процесса и методов его контроля.

И Всеволод Степанович стал решать эту, казалось бы сугубо технологическую, задачу с присущей ему глубиной и фундаментальностью. Он подошел к ней с позиций развиваемого им учения о дисперсной структуре. Уже в своей первой публикации по теории получения искусственного графита он писал: «Согласно современному представлению главной составной частью углей является графит, находящийся в высокодисперсном состоянии. . . С этой точки зрения угли должны рассматриваться как поликристаллические высокодисперсные тела, и следует ожидать, что превращение их при нагревании в „искусственный графит“ будет подчинено законам термической рекристаллизации поликристаллических тел. . . Здесь мы поставили технический термин „искусственный графит“ в кавычки, чтобы подчеркнуть его несоответствие с только что изложенными теоретическими положениями. Этот термин был установлен еще тогда, когда аморфный углерод считался самостоятельной аллотропической формой и основным веществом углей. Теперь, когда угли рассматриваются как высокодисперсный графит, эта терминология не отвечает существу дела» [21].

Представления В. С. Веселовского о графитации как процессе собирательной рекристаллизации, т. е. роста одних зернышек твердого материала за счет «поедания» других, как это происходит при рекристаллизации металлов, явилось важным достижением. Ведь до этого было много различных теорий, лучше сказать, гипотез. В. С. Веселовский убедительно доказал их несостоятельность. Теория рекристаллизации металлов была разработана в 1929 г. известным немецким физикохимиком и металловедом Г. Тамманом, иностранным почетным членом Академии наук СССР. То обстоятельство, что Всеволод Степанович сумел использовать эту теорию для объяснения механизма графитации угля, свидетельствовало о его большой эрудиции и осведомленности о новых результатах в далекой и весьма специальной области металловедения и показало смелость и глубину его мысли, позволившей найти общие черты в поведении таких внешне разнородных веществ, как уголь и металл.

В. С. Веселовский дал неопровержимые доказательства правильности своей теории, используя для этого самые

новые методы, в частности рентгенографический анализ. При этом нужно учесть, что рентгеновский аппарат в лаборатории был в то время редкостью и основная аппаратура была изготовлена им самим совместно с сотрудником К. В. Васильевым, что экспозиция при съемке составляла 10 час. Тем не менее за короткий срок было изучено множество разнообразных образцов, что позволило не только подтвердить правильность выдвинутых представлений, но и дать классификацию природных углеродных материалов по степени их раскристаллизованности в процессе метаморфизма [24—26].

Это было не только большим вкладом в учение о дисперсной структуре, но и настоящим, подлинно научным руководством к действию, к разработке научной теории оптимизации технологического процесса получения графитов, обладающих нужными свойствами. Пожалуй, следует подробнее остановиться на этой работе не только потому, что она привела к созданию нового научного направления и научно обоснованного технологического процесса важнейшего производства, но и потому, что в ней особенно четко видна методология научного поиска В. С. Веселовского. Она может показаться на первый взгляд несколько тривиальной — сейчас о методологии науки много говорят и пишут. Но эта была выстрадана им самим, без посторонней помощи, без руководителей, в трудной области прикладной науки.

Одной из самых важных и вместе с тем самых трудных частей научной работы Всеволод Степанович считал правильную постановку проблемы. Это видно из следующей записи: «Мне стоило невероятных усилий и большой затраты времени, чтобы понять, что именно надо делать. Для гениев это, быть может, хорошо, но я не гений. Пойди, не знаю куда, принеси, не знаю что... Знать, что мне делать, — это, действительно, самое важное и трудное... Тяжелый долгий путь, невозможно описать всех блужданий. Конечно, работа была бы продуктивной, если бы были научные школы. Но их нет».

Занимаясь проблемой обеспечения промышленности графитом, В. С. Веселовский совместно с другими специалистами, отвечающими за эту же проблему, пришел к выводу о необходимости скорейшей организации в Советском Союзе производства искусственного графита. Остановившись на методе Ачесона, В. С. Веселовский в полном объеме сформулировал план решения проблемы получения искусственного графита: разработка теории

образования искусственного графита из угля; изучение техники работы с печью Ачесона и в особенности ее теплового режима; разработка техники термического рафинирования натуральных графитов; изучение вопроса о схеме производства, применяющего печи Ачесона; изучение вопроса о получении искусственного графита в печи непрерывного действия; выбор сырья для производства различных сортов искусственного графита; подготовка сырья для производства и способ загрузки его в печь; разработка способов окончательной отделки продукции и регулирование ее свойств; изучение применения искусственных графитов в разных областях [30].

Естественно, всякой научной работе предшествовал сбор литературы. Всеволод Степанович сам был человеком разносторонне образованным, сведущим в самых различных областях науки и техники. К литературной работе он относился очень внимательно, но предостерегал от чрезмерного увлечения чтением, чтобы оно не заслонило самостоятельного творческого подхода к исследуемому явлению. Он писал: «Задачи литературы можно формулировать так. 1. Информация об исследованиях, которые ведутся в настоящее время. 2. Архивирование проведенных исследований. 3. Монографические сводки по разным областям и проблемам. Но состояние литературы грозит стать социальным бедствием. Она быстро разрастается. Пользование ею требует все большей затраты труда для того, чтобы найти нужное, и это начинает обесценивать содержащиеся в ней данные. Основным видом научной литературы служат журналы. Но их количество увеличивается, и по одному вопросу статьи печатаются в нескольких журналах. Все их приходится просматривать. И что тоже увеличивается — это замусоренность пустяками даже солидных журналов. У нас это связано с бюрократической оценкой работы по числу опубликованных статей. . . Собирать литературу на всякий случай не рационально — это требует слишком много труда. Литературу надо собирать только для разрабатываемой темы. Не соответствует нашему времени и сбор всей литературы по данному вопросу. . . Нужно выяснить современное состояние вопроса. Сбор литературы начинать с самых новых изданий. Исходя из этого переходить к более ранним публикациям».

Лишь только после обстоятельной теоретической подготовки Всеволод Степанович приступал к экспериментальной части исследования. Эта часть работы носила особенно яркий отпечаток его творческого метода. Прежде

всего, эксперимент планировался так глубоко продуманно, что точно и определенно давал ответ на поставленный вопрос. В его опытах и в помине не было того, чем часто грешат экспериментальные работы: «Давайте сделаем вот это и посмотрим, что получится, — вдруг выйдет что-нибудь интересное». Опыт у него был всегда предельно четок, прост и направлен на подтверждение глубоко осмысленной цели.

И второе. У Всеволода Степановича были, что называется, «золотые руки». Весь его дом был наполнен инструментами, он с увлечением работал на токарном станке, мог сам многое сделать и починить. Поэтому почти всегда опыты производились на приборах, сделанных ученым специально для данного эксперимента. Эти приборы были, как правило, чрезвычайно просты в исполнении, сделаны из подручных средств, с виду неказисты и работали только в нужном для данного эксперимента диапазоне измеряемых величин. И если учесть, как трудно было в те годы с оборудованием, станет ясна ценность приборов, сделанных руками ученого.

В результате лабораторных исследований была создана теория графитации углей, в основе которой лежали представления о росте микрокристалликов графита в процессе нагревания. Вслед за этим В. С. Веселовский приступил к заводским испытаниям. Им сопутствовала большая серия исследований по технике работы с печью Ачесона. Она привела к созданию теоретических основ нагревания печи [17]. Это позволило выработать схему, при которой расход электроэнергии был вдвое меньшим, чем при традиционном способе; кроме того, появилась возможность определять оптимальные размеры печи при данной производительности, расход энергии и способ загрузки. Первые опыты были проведены в полужаводской печи, смонтированной в институте, а затем продолжались на печах мощностью 250 кВт и емкостью около 1 т на заводе «Электроугли». С этим предприятием Всеволода Степановича связывала многолетняя творческая работа. Начал он ее проводить с молодым технологом Евгением Федоровичем Чалых (теперь доцент МХТИ им. Д. И. Менделеева), который вспоминал впоследствии:

«Мы встретились с Всеволодом Степановичем в 1931 году на заводе „Электроугли“ Московской области. Он занимался в то время обогащением натуральных графитов на графитировочных печах. Это был целеустремленный человек, работоспособность его удивительна. Он

сутками проводил время возле печей, в основном выполнял почти всю работу один. . . В наше время невозможно представить, чтобы один человек мог выполнять столь обширную работу. Тогда же была разработана технология промышленного обогащения графитов и внедрена в промышленную практику. Она используется на заводе „Электроугли“ и в настоящее время.

При работе над проблемой обогащения натуральных графитов у Всеволода Степановича возникла идея получения искусственных графитов из антрацитов. И он с присущей ему энергией и энтузиазмом приступил к этой важной проблеме.

В 1934 году меня перебросили на работу в Челябинск на электродный завод. На некоторое время наши контакты с Всеволодом Степановичем прервались. Но когда на этом заводе был построен новый графитовый цех с мощными печами, наши контакты снова были восстановлены. На этих мощных печах не только были выполнены опытно-промышленные эксперименты, но была освоена промышленная технология. . .

Были разработаны технология получения графита из антрацита, способы сортировки графитов, методы определения качественных характеристик графитов. Оставалось только промышленное внедрение результатов исследований, которое и было осуществлено под его руководством. Вся технология и организация промышленного производства искусственного графита из антрацита сохранились до настоящего времени.

Причина, по которой Всеволоду Степановичу так легко и быстро удавалось решать довольно сложные проблемы и доводить их до промышленного внедрения, заключалась в том, что в нем счастливо сочетались крупный ученый, блестящий технолог и хороший инженер. Планируя эксперименты, он одновременно продумывал в общих чертах технологию и конструктивное оформление.

Промышленность углеграфитовых материалов многим обязана В. С. Веселовскому. Им были разработаны теоретические основы производства этих материалов. Без достаточного освоения теории нельзя обеспечить промышленный прогресс. За рубежом и у нас в стране отсутствовала систематическая разработка теоретических основ. Только благодаря В. С. Веселовскому были разработаны теории основных технологических переделов. Я хочу остановиться только на одном вопросе — механизме графитации. Эта работа была закончена в конце тридцатых годов.

Важность ее трудно переоценить. В результате этой работы мы смогли грамотно организовать режимы графитации, а также производить выбор необходимого вида сырья. И в этой области проявился недюжинный талант Всеволода Степановича. И снова весь этот груз пришлось поднимать ему одному. . .»

Итогом научной работы этого периода явились монографии «Технология графита» (1935) [30], «Углерод» (1936) [39], «Технология искусственного графита» (1940) [44], итогом практической деятельности — разработка и промышленное опробование полной технологической схемы производства искусственного графита и составление проекта специализированного завода.

Будучи ведущим специалистом страны по графиту, В. С. Веселовский, кроме проблемы искусственного графита, много занимался другими графитными проблемами: оценкой графитовых месторождений [12, 14, 15], анализом графитовых руд [1, 3, 4, 6] и разработкой технологии их превращения в промышленную продукцию [2, 7—12, 16, 20, 21, 30, 39, 41, 43, 44]. По существу, вся графитная промышленность была в поле его зрения и во все ее проблемы он щедро вкладывал свой ум, энергию, пронизательность. Для В. С. Веселовского было характерно также умение находить решения, используя подручные средства. Об одном таком случае он рассказывал:

«В 1934 году я побывал на всех предприятиях графитной промышленности. В мае мы с инженером-обогастителем М. А. Эйгелесом ездили в Мариуполь по поводу обогащения доменного графита. Его обогащение предполагено организовать на Мариупольском заводе<sup>2</sup>, который недостаточно обеспечен рудой Старо-Крымского месторождения.

Этот завод находится в самом городе, и руда с содержанием 6% графита доставляется в него за 12 км гужем, т. е. на телегах при помощи лошадиных сил. Завод оборудован устаревшими мельницами и новыми флотационными машинами. Это сочетание работает плохо. Большие неприятности с „хвостами“, т. е. отходами от обогащения руды, которые выпускаются на пустырь около завода и загрязняют территорию города.

Доменный графит извлекают из скрапа, остающегося после разливки чугуна на заводе „Азовсталь“. Флотиро-

---

<sup>2</sup> Ныне Ждановский металлургический завод им. Ильича. — Авт.

вать скрап нельзя, так как содержащиеся в нем зерна чугуна забивают флотационную машину. . .

Нам предоставили достаточное количество скрапа, и мы расположились в сарае производить с ним научные опыты. Попробовали рассеивать на ситах, молоть. Ничего хорошего не получилось. Местные работники безропотно выполняли наши требования, но исподтишка посмеивались. Положение становилось критическим.

Эйгелес предлагал выйти из этого положения, потребовал отправки большой партии скрапа в институт для детального исследования. На худой конец, очевидно, ничего другого нам не оставалось. Мне пришло в голову, что для такого материала наиболее эффективно должно быть обогащение при оседании в воде или из воздушного потока. Но на заводе не было нужного для этого оборудования.

Вдруг я увидел в углу сарая зерновейлку. Эффект был потрясающий: веялка отдувала из скрапа чешуйки графита, а все тяжелые примеси оказались под ней на полу. Мастер побежал за начальством. Сам директор стал крутить ручку веялки и шупал полученный концентрат. Эйгелес был несколько озадачен: слишком простое решение задачи. Что-то вроде профанации науки. Так мы блестяще выполнили наше задание».

### Аморфный углерод \*

Используя логический подход к сложнейшим вопросам строения кристаллического твердого тела, В. С. Веселовский приходит к весьма интересным выводам. Так, при рассмотрении аллотропных модификаций углерода он формулирует понятие о молекуле, которая «имеет два различных значения: химическая молекула — элемент состава вещества и физическая молекула — элемент пространственной структуры тела. Химическая молекула определяется как такое сочетание наименьшего числа атомов, которое обладает всеми химическими свойствами данного вещества. Физическая же молекула является составной частью пространственного строения тела и в общем случае не совпадает с химической молекулой. Это особенно относится к твердым телам, у которых монокристаллы могут являться физическими молекулами, какой бы величины они не были» [39, с. 6].

Далее, рассматривая вопрос о возможности существо-

---

\* Раздел написан профессором Н. Н. Шипковым.

вания аморфного углерода как общего случая существования твердого вещества или как новой аллотропической его модификации, В. С. Веселовский пишет: «Действительно, если рассматривать ряд кристаллических дисперсоидов, расположенных по возрастающей степени дисперсности, то очевидно, что классическое аморфное тело будет последним членом этого ряда. Ряд этот непрерывный, и нет никакого основания выделять его последний член как особую форму вещества.

Таким образом, аморфное, по классическому определению, вещество есть не что иное, как предельный случай кристаллического дисперсоида, именно тот случай, когда его кристаллы состоят только из одной химической молекулы, или, иными словами, когда физические молекулы совпадают с химическими.

Недоразумение зависит от того, что необнаружению кристаллической структуры при каком-нибудь данном методе исследования придается значение отсутствия структуры, на что, конечно, мы не имеем права» [39, с. 6].

Эти рассуждения очень важны и сегодня. Большие достижения в области создания аморфных металлических систем приводят иногда к ошибкам формального перенесения понятий и на углерод. Однако углерод с сильными направленными связями очевидно, не может существовать в аморфном состоянии. Вероятно, наиболее аморфизированным состоянием углерода является дефектная двумерная упаковка атомов.

Вторым важным направлением работ В. С. Веселовского, основанном на изложенных выше рассуждениях, явилась попытка классификации углеродных тел по их морфологическим признакам.

Основываясь на работах В. И. Вернадского и Н. М. Федоровского<sup>3</sup> в области минералогии графита, В. С. Веселовский пишет: «Структурная классификация имеет то преимущество перед другими, что структура связана, с одной стороны, с условиями образования тел, а с другой — с их свойствами, что особенно важно для техники. Поэтому она может одновременно удовлетворять и требованиям научного исследования, облегчая установление генетической связи, и требованиям техники, которые часто заставляют создавать классификации по признакам при-

---

<sup>3</sup> Николай Михайлович Федоровский (1886—1956), известный советский минералог, член-корреспондент АН СССР.

менения материалов, что очень неудобно в других отношениях» [39, с. 46].

Разработанная В. С. Веселовским система классификации природных графитов по их морфологическим признакам, установление взаимосвязи между этими признаками и их свойствами и областями использования, а также предложенная им терминология сохранили актуальность до сих пор. Так, в последние годы разработана методика классификации нефтяных коксов по их морфологии. Убедительно доказана связь морфологических признаков со свойствами коксов и даже получаемых на их основе искусственных графитов<sup>4</sup>. Современными исследованиями установлена достаточно четкая взаимосвязь между условиями формирования твердых остатков карбонизации углеводородных систем и их морфологией. Это и естественно, так как и химический состав продуктов карбонизации, и условия карбонизации будут определять дисперсную структуру твердого углеродного остатка и на уровне кристаллитов, и на уровне макроструктуры.

В работах о дисперсной структуре графитовых тел Б. С. Веселовский отмечает, что «свойства графитовых тел в необычайно широких пределах изменяются в зависимости от их дисперсной структуры. Трудно указать другую группу тел, состоящих из одного и того же вещества, у которых бы дисперсная структура так сильно влияла на свойства» [39, с. 111].

Подмеченное качество твердых углеродных тел обрело в настоящее время дополнительное подтверждение благодаря созданию новых типов углеродных материалов и привело к необходимости создания структурной схемы строения графитового тела и попыток его количественного описания.

Поражает то, что В. С. Веселовский уже в середине 30-х годов высказывал представления, к которым приходят исследователи наших дней, обладающие огромным экспериментальным материалом по строению и свойствам углеродных тел, а также современным лабораторным оборудованием.

В связи со своеобразием строения физической молекулы углерода — кристалла — и возможностью различных пространственных комбинаций кристаллов, а в действительности — областей упорядоченной трехмерной струк-

<sup>4</sup> Смоленцева В. А., Шипков Н. Н., Карпиненко М. С. О применении полуколичественного микроструктурного анализа для оценки структуры нефтяных поясов. — Журн. цв. металлургии, 1980, № 6, с. 50—54.

туры — кристаллитов В. С. Веселовский выбрал систематику дисперсных структур, основанную на пространственных принципах. Были сформулированы порядки — уровни структуры: первый порядок — кристаллит, второй — сложение из кристаллитов, текстура — относительно грубая структура, связанность элементов структуры и т. д. Естественно, количественной оценки элементов структуры В. С. Веселовский не мог дать из-за отсутствия соответствующих методов.

Даже сегодня при попытках количественной оценки структурных показателей встречаются большие сложности. С несколько иным физическим смыслом, однако в рамках структурной систематики графитовых тел, в настоящее время предложен<sup>5</sup> определяемый количественно коэффициент связанности. Показана достаточно высокая степень корреляции величины связанности с некоторыми свойствами поликристаллических графитов.

Несомненно, по прошествии некоторого времени количественная структурная классификация твердых углеродных тел займет свое место в науке и практике.

### Учение о дисперсной структуре

Почти в каждой монографии В. С. Веселовского есть раздел, посвященный учению о дисперсной структуре твердых тел, послужившему для него фундаментом многих исследований, ставшему делом всей жизни. Это учение Всеволод Степанович разработал сам, на его основе сделал крупный вклад в науку и внес много полезного в промышленность.

Еще совсем молодым человеком, начинающим ученым с университетским химическим образованием, занимаясь сложными многокомпонентными минеральными системами, так далекими от чистых объектов университетской науки, он сумел подметить и выделить некоторое общее свойство, даже, скорее, тенденцию, которая объединяет внешне очень разнородные вещества [23].

Это свойство он нашел на следующем, после атомно-молекулярного уровне неоднородности, уровне дискретности более высокого порядка, «надмолекулярной или сверхмолекулярной» дисперсной структуры. Понимая необхо-

---

<sup>5</sup> Катасонов А. С. Характеристика макроструктуры искусственных поликристаллов графитов по электросопротивлению и магнетосопротивлению. — Докл. АН СССР, 1983, т. 262, № 1, с. 133—135.

димось в строгом определении введенного нового понятия, Веселовский писал: «Термином „структура“ в самом общем смысле обозначается совокупность признаков, характеризующих построение объекта из отграниченных друг от друга частей. Эти части называются элементами структуры. Расчленение на атомы возможно только в том случае, если между частями объекта можно провести границы или, иными словами, обнаружить прерывность объекта. В самой общей форме прерывность определяется как скачкообразное изменение какого-либо параметра при перемещении по рассматриваемой протяженности. Область такого скачкообразного изменения параметров воспринимается как граница между структурными элементами. . . С целью более точного определения мы обозначаем дисперсной структурой сочетание элементов грубой прерывности, отграниченных друг от друга поверхностями, имеющими толщину, не менее чем толщина фазовых границ» [39, с. 111—112].

В. С. Веселовский подчеркивал, что особый интерес к изучению дисперсной структуры связан с тем, что она наравне с молекулярными структурами определяет свойства тел. Поэтому недостаточно одного атомно-молекулярного подхода, нужна своя, особая, методология. Для тел со сложным строением и малым размером составляющих его частиц свойства вещества могут настолько искажаться дисперсной структурой, что они даже могут изменять свой качественный смысл. Иногда состав тела, его молекулярная структура вообще отступают на задний план по сравнению со свойствами, вызываемыми дисперсной структурой.

В учении о дисперсных структурах В. С. Веселовский выделил несколько основных направлений: систематику дисперсных структур, методы исследования дисперсных структур, физикохимию поверхностных явлений и межфазных взаимодействий и разнообразные приложения разработанного им учения к конкретным системам, обычно в той или иной степени важным в прикладном отношении.

*Систематика дисперсных структур.* «Поскольку дисперсная структура может быть весьма сложной, то необходимо различать несколько ее порядков. Первый порядок — кристаллическое строение тела. Здесь основным, важнейшим элементом структуры служат кристаллиты, кристаллические зерна. Кристаллиты могут не только непосредственно слагать твердое тело (как в плотных поликристаллах), но и группироваться в агрегаты. Тогда мо-

жет возникнуть второй порядок — сложение из кристаллических агрегатов. Для этого порядка структурными элементами служат агрегаты кристаллитов. Далее сами агрегаты могут группироваться, вызывая новые осложнения структуры. Так возникает третий порядок — текстура, т. е. относительно грубая структура, элементами которой служат значительные части тела.

Здесь названы важнейшие порядки, но, естественно, не в каждом теле непременно имеются все три порядка. С другой стороны, встречаются и более сложные структуры, для которых можно различить большее число порядков» [23, с. 978—979].

Любая структура, из каких бы элементов она ни была сложена, может быть описана при помощи системы параметров. Если в структуре имеется несколько родов элементов, то система параметров прилагается к каждому роду элементов в отдельности, а затем устанавливается отношение между родами элементов. В каждом конкретном случае необходимо, сообразуясь с поставленной задачей и достаточной точностью и полнотой описания, определить оптимальное число параметров. Для упрощения задачи ограничиваются рассмотрением одного рода элементов. Во всяком случае, всегда можно мысленно выделить определенный род структурных элементов и рассматривать их так, как если бы они были распределены в пустом пространстве.

Основные параметры, характеризующие структурные элементы: материал элементов (химический состав, кристаллографическое строение, для коллоидных мицелл — строение ядра и оболочки), степень их дисперсности (по возможности с распределением числа частиц по размерам), форма элементов. Параметры, характеризующие взаимные отношения элементов, определяют степень заполнения пространства, степень ориентированности элементов, связанность элементов. В последнем случае выделяют следующие типы связанности: свободнодисперсные структуры, упругая связанность, хрупкая связанность и пластичная связанность. Параметры, характеризующие изменимость структуры во времени и пространстве, должны учитывать то обстоятельство, что изменимость может относиться к элементам или их отношениям друг к другу. Изменяемость в пространстве, проявляющаяся при перемещении внутри материала в определенном направлении, В. С. Веселовский назвал батотропией, а изменения во времени при неизменных внешних условиях или при их

вариации — хронотропией. Особую роль играют отношения разных родов элементов друг к другу. Эти отношения могут заключаться в характере расположения в пространстве, в ориентировке, в связности, батотропном расположении, хронотропности и сегрегации. Под сегрегацией Веселовский понимал самопроизвольное нарушение однородности материала при его перемещении, возникающее вследствие различий в свойствах частей материалов. Он предлагал различать сегрегацию по величине частиц и по объемному весу, которые особенно явно проступают при движении частиц в потоке, а также сегрегацию по прочности, приводящую, например, к тому, что при измельчении мелкие и крупные частицы приобретают разный состав.

Наиболее последовательно и полно учение о дисперсной структуре В. С. Веселовский применил к систематике графитовых тел (рис. 1). Для минеральных разновидностей графита предложенная классификация являлась развитием формулировки В. И. Вернадского<sup>6</sup>, который, отдавая должную дань химическому принципу разделения модификаций углерода, считал, что полная классификация должна быть основана на признаках дисперсной структуры. Хотя эти признаки не были сформулированы В. И. Вернадским с достаточной для практических целей точностью, тем не менее ему удалось интуитивно расположить минеральные графитовые тела в ряд, принципиально совпадающий с систематикой, разработанной впоследствии В. С. Веселовским на основании принципов дисперсной структуры. При более детальном развитии этого принципа В. С. Веселовский обнаружил, что дисперсно-структурная систематика графитовых тел в основных чертах совпадает с их генетической классификацией, и указал на закономерность такого совпадения. Оно возникает вследствие того, что именно условия образования тел определяют структуру и свойства, которыми они отличаются друг от друга в пределах одного ряда. Вместе с тем структурная классификация полезна своей органической связью со свойствами тел и поэтому особенно важна для практических целей.

В структурно-дисперсной классификации графитовых тел в качестве главного признака был принят геометрический. К нему были присоединены признаки временные и

---

<sup>6</sup> Вернадский В. И. Опыт описательной минералогии. СПб.: Акад. наук, 1908, т. 1, вып. 4, с. 528—588; История минералов земной коры. Л.: Науч. хим.-теорет. изд-во, 1927, т. 1, вып. 2, с. 342—376.

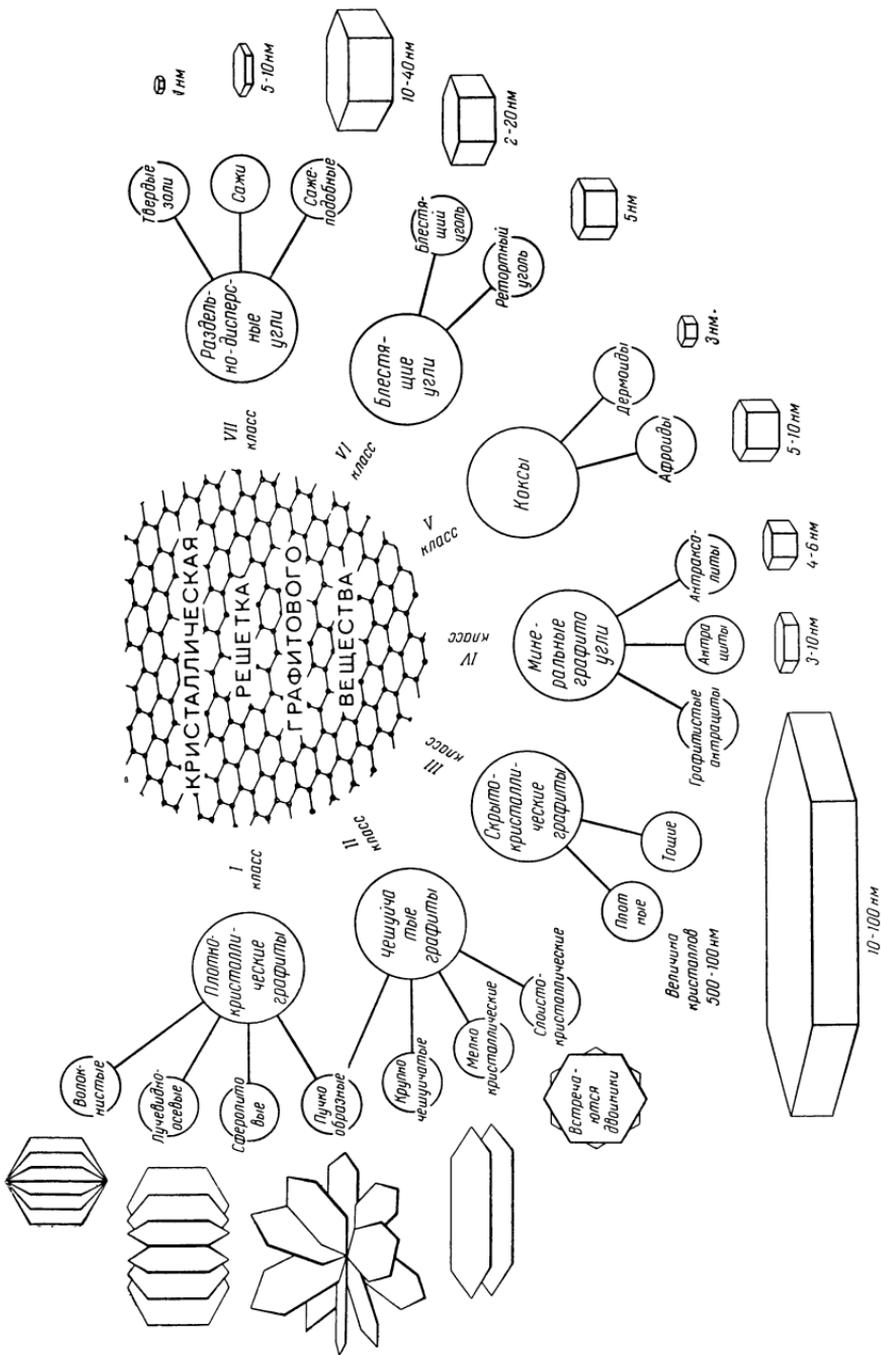


Рис. 1. Классификация графитовых тел

состава. Классификация была разработана в 1934 г. и сохранилась почти без изменений до наших дней; несколько поколений ученых с успехом пользовались ею в своих исследованиях.

Развитая В. С. Веселовским систематика дисперсных структур во многом помогла организовать материал, особенно касающийся сложных по структуре объектов. Она оказала большую помощь самому В. С. Веселовскому в работе с различными системами. Ученый до конца своих дней пользовался этой систематикой, время от времени возвращаясь к ней, совершенствуя и уточняя.

Второе направление учения представляет собой разработку *методов исследования дисперсных структур*. В книге «Углерод» [39], написанной при участии В. Н. Перцова, Л. В. Лютина и К. В. Васильева и изданной в 1936 г. под редакцией Н. М. Федоровского, В. С. Веселовский писал: «Экспериментальная физикохимия располагает в настоящее время довольно большим количеством методов исследования дисперсных структур. Однако, благодаря отсутствию систематического подхода, при помощи этих методов описание дисперсных структур лишь в редких случаях может быть произведено с достаточной для практических целей полнотой. Это — большой пробел в современной физикохимии, который лишь в самое последнее время обратил на себя внимание крупных исследователей» [39, с. 114].

Нельзя не поразиться современности этого суждения. Несмотря на то, что за прошедшие 50 лет методические возможности исследования дисперсных структур неизмеримо выросли, появилось много новых методов, эта проблема, особенно в части систематического подхода к ее решению, далека от завершенности.

В своей научной деятельности, в проводимых экспериментальных исследованиях В. С. Веселовский пользовался чрезвычайно широкой гаммой методов, некоторые из которых он удачно приспособлял к исследуемым системам, другие видоизменял и модернизировал, третьи создавал сам. Как уже говорилось, он весьма эффективно использовал рентгеновский метод измерения дисперсности углеродных и кремниевых тел, внес свой вклад в измерение дисперсности и особенно плотности различных по пористой структуре тел, изучал для этого адсорбционные свойства, электро- и теплопроводность, магнитную восприимчивость, оптические свойства, механическое поведение, трение, кинетику химических реакций и др. И ис-

ГТУ НКТП СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

THE ALL-UNION SCIENTIFIC  
RESEARCH INSTITUTE  
OF ECONOMIC MINERALOGY

В. С. ВЕСЕЛОВСКИЙ

УГЛЕРОД  
АЛМАЗЫ, ГРАФИТЫ И УГЛИ  
И МЕТОДОЛОГИЯ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

В составлении принимали участие  
В. Н. Перцов, Л. В. Лютки и К. В. Васильев  
Под редакцией проф. Н. М. Федоровского

V. S. VESELOVSKY

CARBON  
DIAMONDS, GRAPHITES AND COALS  
METHODOLOGY OF INVESTIGATION

In collaboration with  
V. N. Perzov, L. V. Lyutkin and K. V. Vasiliev  
Prof. N. M. Fedorovsky, Editor



19 36

ОБЪЕДИНЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО НКТП СССР  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДочНОЙ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА ЛЕНИНГРАД

Титульный лист книги «Углерод»

пользовал Всеволод Степанович эти методы на самом высоком профессиональном уровне. Он прочитывал основную литературу по данной методике, глубоко вникал в физическую сущность явлений, критически относился к возможностям методов, их точности и причинам возникновения погрешностей измерений.

Третий раздел учения о дисперсной структуре составляет *исследование поверхностных явлений и межфазных взаимодействий*. Это естественно — ведь в свойствах дисперсных структур взаимодействия между элементами структуры, участвующими в ее формировании на самых разных этапах, едва ли не самое главное. В. С. Веселовский начал с простого и, как всегда, важного в прикладном аспекте. Совместно с И. А. Селяевым он исследовал влияние поверхностного натяжения жидкости, из которой химическим путем выделяется кремнекислота, на формирование структуры силикагеля. Идея работы была сформулирована предельно ясно: структура силикагеля формируется в процессе сушки гидрогеля кремнекислоты. При высыхании происходит усушка и гель сжимается в 10—20 раз. Главная причина сжатия — капиллярное давление в менисках жидкости, расположенных между элементами структуры. Величина капиллярного давления определяется поверхностным натяжением жидкости, которое можно изменять либо изменением температуры, либо — более радикально — вводя добавки поверхностно-активных веществ. Первое достигалось изменением режима сушки, второе — введением в воздух, проходящий над гелем, высших спиртов и других поверхностно-активных веществ. В результате была существенно увеличена сорбционная емкость силикагеля [27].

В связи с проведением обширного комплекса исследований слипания частиц в жидких средах, лежащего в основе коагуляции, возникновения связности порошкообразных дисперсий и многих технических процессов, В. С. Веселовский совместно с В. Н. Перцовым изучил явление прилипания пузырьков к твердым поверхностям [36]. В этой работе были подробно проанализированы причины возникновения так называемого гистерезиса смачивания, обсуждена роль сольватных слоев, содержится много другого и по сей день интересного материала.

Но два результата, полученных при этом исследовании, особенно значительны. Они настолько опередили существовавшие тогда представления, что ученые оценили их и обратили на них внимание только в наше время.

Речь идет об изучении линейного натяжения на трехфазной границе твердое тело—жидкость—газ и о трении при перемещении пузырька жидкости по поверхности. Сейчас большие и подробные исследования линейного натяжения проводятся в Болгарии, в школе известного ученого в области поверхностных явлений А. Д. Шелудко.

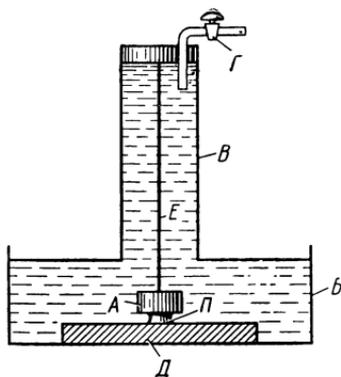


Рис. 2. Схема прибора с маятником для измерения трения пузырьков

Существо метода измерения трения пузырька при его движении по твердой поверхности сводилось к следующему: груз *A* (рис. 2), подвешенный на стеклянной нити *E*, погружен в жидкость, заполняющую сосуд *B* и трубку *B* через кран *Г*. Пузырек воздуха *П* помещается между нижней поверхностью груза *A* и поверхностью скольжения *Д*. Смещая сосуд *B* горизонтально, можно по отклонению маятника вычислить силу трения пузырька. Вычисления производились по формуле

$$f/A = l/E,$$

где *f* — сила, отклоняющая маятник,

$$f = \frac{lMg}{E} \left(1 - \frac{d}{D}\right);$$

*l* — его отклонение; *E* — его длина; *A* — вертикальная сила, имеющая сложное выражение:

$$A = Mg - vgd + 2\pi r\sigma \sin \theta + \pi r^2 (P - p) - v_1gd;$$

*M* — масса маятника; *vgd* — сила гидростатического давления, уменьшающего вес маятника в воде;  $2\pi r\sigma \sin \theta$  — капиллярная сила пузырька, тянущая маятник вниз;  $\pi r^2 P$  — сила гидростатического давления, действующая на площадь прилипания пузырька;  $\pi r^2 p$  — сила давления газа внутри пузырька на ту же площадь;  $v_1gd$  — гидростатическая подъемная сила пузырька; *d* — плотность жидкости.

В. С. Веселовский и В. Н. Перцов указывали, что приведенная формула не вполне точна, так как направления сил в общем случае не проходят через центр тяжести

маятника и сами силы не остаются постоянными во время измерений. Подсчет показал, что для такого прибора суммой четырех последних членов можно пренебречь по сравнению с суммой первых двух. Ошибка при этом не превышает 2%, т. е. значительно меньше, чем отклонения из-за невоспроизводимости. Поэтому вычисления производились по формуле

$$F = Mg - vgd = Mg(1 - d/D),$$

где  $D$  — плотность стекла, из которого был сделан маятник.

Результаты, полученные при измерении на этом приборе, показали, что для удельного трения  $\psi_e = f/4r$  получается вполне удовлетворительное совпадение с выведенной В. С. Веселовским и В. Н. Перцовым из теоретических соображений формулой

$$2\psi_e = \psi_{\min} + \psi_{\max} = \sigma(\cos \theta_{\min} - \cos \theta_{\max}),$$

где  $\psi_{\min}$  и  $\psi_{\max}$  — предельные напряжения сдвига 1 см длины трехфазной границы жидкость—газ—твердое тело, а  $\theta_{\min}$  и  $\theta_{\max}$  — краевые углы оттекания и натекания при наличии гистерезиса смачивания.

Таким образом показано, что при смещении пузырька удастся различать статическое сопротивление, которое необходимо преодолеть для начала движения пузырька, и динамическое сопротивление, которое действует во время скольжения пузырька между поверхностью твердого тела и маятником.

Данное В. С. Веселовским описание прибора и методики исследования динамического сопротивления, которое необходимо преодолеть для начала движения пузырька, включено в монографию Б. Д. Сумма и Ю. В. Горюнова «Физико-химические основы смачивания и растекания»<sup>7</sup> как первое количественное исследование сил в динамике смачивания.

*Практические приложения учения о дисперсной структуре*, принадлежащие В. С. Веселовскому и его ученикам, трудно перечислить. Это почти все его работы — физико-химические основы механических свойств порошковых дисперсоидов, теория и практика искусственного получения графита, природа углеграфитовых материалов и научные основы их производства, химическая природа горю-

<sup>7</sup> Сумма Б. Д., Горюнов Ю. В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М.: Химия, 1976, с. 51.

чих ископаемых, многие разделы теории самовозгорания углей и др.

Первый из названных разделов — изучение связи механических свойств дисперсий с физико-химическими процессами — В. С. Веселовский начал разрабатывать в 1935 г. Он отчетливо представлял себе, что механические свойства любых тел служат характеристикой связности его структурных элементов, т. е. являются мерой одного из основных параметров дисперсной структуры; вместе с тем количественное выражение этого параметра имеет первостепенное практическое значение.

При исследовании свойств порошковатых тел в соответствии с масштабом, с которым подходят к их рассмотрению, существенно различать макроскопические свойства, их «микродисперсный» и молекулярный механизмы. Чем сложнее дисперсная структура тела, тем менее результативны попытки объяснения явлений на микроскопическом (молекулярном) уровне и более полезно рассмотрение свойств тела, определяемых микродисперсным состоянием.

Под порошковыми дисперсоидами В. С. Веселовский понимал не только порошки, но и тела, получающиеся при смешивании порошков с жидкостями, т. е. пасты и суспензии. Он указывал, что поскольку с повышением степени дисперсности увеличивается значение слипания частиц, то дисперсные тела приобретают все большую связность как целое. Особенно характерно это для двух групп минеральных порошковых дисперсоидов — песков и глин. Пески состоят из сравнительно крупных зерен размером в среднем 0,4—1,0 мм. В сухом состоянии они почти не обладают связностью, которая проявляется лишь после увлажнения. Максимум связности достигается, когда приблизительно половина объема пор между частицами занята жидкостью, и обусловлен поверхностным натяжением менисков жидкости на контактах зерен. При заполнении всех пор пески теряют связность и становятся «зыбучими».

В противоположность этому глинистые минеральные системы обладают заметной связностью как в сухом, так и в смоченном состоянии. В то время не существовало согласованного мнения о причинах связности глин. Одни авторы считали, что она, так же как у песков, обусловлена поверхностным натяжением воды; другие на основании изучения глин и процессов коагуляции приходили к выводу, что связность глин возникает вследствие по-

верхностного слипания частиц. Признавая, что в определенных условиях оба эти фактора имеют место, В. С. Веселовский на основании скрупулезного анализа собственных и почерпнутых из научной литературы экспериментальных данных приходит к выводу о том, что причину связности глинистых частиц следует искать в поверхностных взаимодействиях граничных слоев гранул порошка, определяемых составом как самих гранул, так и жидкости. В общем же случае для объяснения макромеханических свойств дисперсий необходимо разрабатывать такой «микродисперсный механизм», который учитывал бы три фактора: капиллярное давление, слипание частиц и трение при тангенциальном смещении частиц. Задача может считаться решенной, если удастся установить функциональную связь этих факторов, с одной стороны, с макросвойствами системы, с другой — с ее дисперсной структурой. Разработка этой задачи составила предмет серии работ, выполненных В. С. Веселовским с сотрудниками в конце 30-х годов [27, 28, 37, 38]. К сожалению, война прервала этот интереснейший цикл работ, и по ее окончании они не возобновлялись. Тем не менее можно с несомненностью утверждать, что они сыграли заметную роль в развитии науки, прежде всего в создании П. А. Ребиндером физико-химической механики твердых тел и дисперсных систем.

### **Сорбция ионов металлов из растворов**

В. С. Веселовский был в числе первых, кто применил ионообменный метод обогащения в гидрометаллургии. В 1935 г. он совместно с И. А. Селяевым опубликовал статью под названием «Аккумуляция ионов из разбавленных растворов пермутитами» [31]. Всегда полезно обратиться к первоисточникам, особенно если это действительно истоки нового научного направления, выросшего впоследствии в обширную область технологии.

Вот что писал В. С. Веселовский в этой первой публикации: «При поглощении некоторыми неорганическими телами ионов из очень разбавленных растворов может происходить аккумуляция рассеянного вещества в поверхностных слоях сорбента. Этот процесс имеет широкое распространение в земной коре, и ему часто бывает обязано образование скоплений рассеянных элементов. Им же могут вызываться глубокие изменения при метаморфизации горных пород. Сорбция ионов может быть более или

мёнее обратимой... она называется пермитоидной. Она имеет промышленное применение при смягчении жестких технических вод путем пропускания их через пермутиты, глауконит и т. д., которые поглощают ионы кальция и магния. Регенерация насыщенного этими ионами сорбента производится обработкой его концентрированным раствором хлористого натрия. При этом натрий количественно замещает двухвалентные ионы, а сорбент может быть вновь употреблен в дело. Нам представляется интересным изучить другое возможное промышленное применение обратимой сорбции ионов, а именно аккумулялирование ионов ценных элементов из разбавленных природных и промышленных растворов. Уже при концентрации ниже 0,01% извлечение растворенных веществ химическими методами весьма затруднительно. Наши же предварительные опыты показали, что извлечение катионов пермитоидами из растворов, имеющих концентрацию около миллионных долей процента, в некоторых условиях технически вполне возможно» [31, с. 16].

Это предложение, основанное на четко сформулированной идее и весьма обнадеживающих экспериментах, сбылось, и метод извлечения редких и рассеянных металлов на ионообменниках сейчас служит одним из важнейших приемов в гидрометаллургии. Только дальнейшее развитие этого технологического процесса шло уже без участия Всеволода Степановича. Здесь он изменил своему правилу доводить научные разработки до промышленного внедрения. Сейчас трудно сказать, почему так произошло. Вероятно, он решил не разбрасываться и сосредоточить все внимание на учении о дисперсной структуре и графите и передал эту работу в другую лабораторию. В дальнейшем эти исследования продолжила ученица В. С. Веселовского — Н. М. Собинякова.

\* \* \*

Работы В. С. Веселовского успешно развивались. В 1934 г. ему была присуждена степень кандидата технических наук без защиты диссертации.

Вместе с тем у ученого росло чувство неудовлетворенности собой. «В 1934 году, — записал в дневнике Всеволод Степанович, — я с изумлением увидел, что выбранный мной путь стремления к научному знанию не может заполнить мою жизнь. Я чрезмерно переоценил знание. Для него я трудился, отказывался от материальных благ,



В. С. Веселовский  
(1935 г.)

от карьеры, от семьи... Я изучал философию, строил систему знаний. Никак нельзя сказать, что у меня ничего не получалось. В области знания все шло даже хорошо, хотя и медленно. Преодоление трудностей только еще более внушало уверенность в своих силах.

Лет пятнадцати я впервые задался вопросом о смысле жизни и ее моральных основах. Но работа в этом направлении не давала значительных результатов...

То, чего я достиг, есть результат упорного труда. Думать — это самый тяжелый труд... Творчество есть высшая деятельность человека.

Чтобы творить духовные ценности, нужна большая подготовка... Она досталась мне ценой огромного труда и лишений. И вот, едва начав заветное дело, я вдруг лишился сил, лишился того, для чего надо действовать...»

Несмотря на возникшие сомнения и нравственные искания, плодотворная работа продолжалась.

В начале 1937 г. В. С. Веселовский уезжает в длительную командировку в Челябинск на электродный завод. В письмах он пишет: «Дела затягиваются и конца не видно. Работаю по обыкновению много и напряженно... Впрочем, работа меня не тяготит... Изучаю вновь осваиваемое производство графитированных электродов. Оно никак не налаживается, и приятно преодолевать затруднения... Составил энергетический и материальный баланс электрических печей для графитации. Скучная работа с убогими средствами. Удалось наладить получение хорошего искусственного графита. Этим поручение нашего института я почти выполнил. Осталось провести несколько балансовых опытов».

В конце лета 1937 г. В. С. Веселовский возвращается в Москву. Вскоре он женится на Марии Михайловне Голицыной. Это событие круто переменяло мироощущение ученого. Всеволод Степанович пришел к пониманию того, что гармоничное развитие личности возможно лишь

при сочетании творческого труда с полнокровной жизнью. «Теперь я понял, — записал в дневнике В. С. Веселовский, — что жить можно только для любви. Раньше я „любил“ высшее знание. . . Теперь мне ясно, что любить надо жизнь и людей». М. М. Голицына стала верным спутником и помощником во всей дальнейшей жизни ученого. Они вырастили четырех детей — трех дочерей и сына.

В 1938 г. В. С. Веселовский написал докторскую диссертацию «Новое в технологии искусственного графита». Защита ее состоялась в 1940 г. в Московском химико-технологическом институте им. Д. И. Менделеева.

## Война и первые послевоенные годы

Всю войну В. С. Веселовский остается с семьей в Москве. Он участвует в противовоздушной обороне, дежурит на чердаке института во время налетов. Институт в основном эвакуирован. После разгрома немцев под Москвой В. С. Веселовский отдает все силы восстановлению разобранной при эвакуации лаборатории. Собирает по всему институту реактивы и оборудование. Окно в лаборатории по счастью уцелело. Под лабораторией — печной зал Института цветных металлов, и когда в нем плавят металлический лом для оборонных заказов, делается тепло, но зато оттуда распространяется ядовитый дым из окислов цинка, сурьмы. . .

Из дневника В. С. Веселовского: «Очень полезной оказалась фотографическая кабина. В ней когда-то вместе с Васильевым смонтировали первый электронограф. Ее объем всего 9 кубометров, и ее легко обогреть, сжигая бумагу из архива. . .»

Всеволод Степанович много и напряженно работает. Выполняет многочисленные оборонные заказы. Появилась даже возможность заниматься наукой, но, так сказать, «в свободное время» от специальных заданий! До поздней ночи засиживается за работой дома.

Начиная с 1944 г. В. С. Веселовский много делает для практического воплощения теории графитации. Участвует в организации промышленной графитации электродов в Москве и Челябинске: «Я сделал доклад инженерам завода „Электроугли“ в Кудинове „О состоянии теории электродного производства“. У них заметно усилился интерес к научным основам производства, которое они ведут

эмпирически и наугад... И вместе с тем разочарование, так как в этих основах они не находят готовых рецептов... А они хотят именно рецептов. Использовать научные принципы они не умеют. Это довольно распространенная тенденция. Меня все чаще приглашают на заводы для подобных докладов и лекций».

Сделано В. С. Веселовским за два последних военных года очень много. Начата разработка общей теории химической природы горючих ископаемых, найден способ уменьшения кислотности первичного дегтя путем перегонки с известью и выяснено главное условие для максимального выхода первичного дегтя — большая скорость нагревания угля. Это послужило основой для проектирования перегонных печей и тем самым для производства моторного топлива путем «ожигения углей». Составлена сводка по технологии графитных конструкционных материалов, разработаны физические основы материаловедения промышленных продуктов, методология исследования и оценки материалов, теория технических операций, методы испытания минерального сырья, проведена ревизия методов испытания горючих ископаемых. Тогда же Всеволод Степанович начал собирать и обобщать материал для монографии «Теоретическая технология».

Запись в дневнике 5 октября 1945 г.: «Неожиданно ко мне в лабораторию пришел академик И. В. Курчатов. Я его сразу узнал. Он мало изменился, только отрастил бороду... После кратких воспоминаний об учебных годах в Университете Курчатов стал расспрашивать о графитных материалах. Его интересовал графит высокой чистоты. Я дал ему образцы искусственного графита и сказал, что его производство требуемого качества можно организовать на одном из московских заводов». Через месяц: «Ко мне приходили сотрудники завода. Они стали спрашивать о термическом рафинировании графита... Я рассказал о результатах своих работ и какие существуют возможности дальнейшего совершенствования...»

На предложение участвовать в этих работах В. С. Веселовский ответил отказом, сопроводив его обстоятельным письмом: «На Ваше предложение о сотрудничестве науки и производства позвольте высказать некоторые соображения весьма общего характера. Для решения задач, которые ставит перед нами жизнь, существуют два пути: опытный — эмпирический и умозрительный — теоретический. Опытный путь состоит в том, что, желая достичь определенной цели, пробуют это сделать. Если получается

отрицательный результат, то изменяют условия и опять пробуют. Таким образом, повторяя попытки при разных условиях, постепенно нащупывают верный путь.

Теоретический путь исходит из общих истин и на их основании решает, что надо сделать, чтобы достичь цели. Если исходные положения были верны, то сразу получается решение задачи без дорогостоящих и длительных опытов.

Соотношение этих двух путей кто-то иллюстрировал притчей. Пусть перед нами задача достать из темной комнаты определенную вещь. Эмпирически это достигается тем, что стараются ощупью найти нужную вещь среди множества других. После нескольких попыток добиваются желаемого. Теоретический путь заключается в том, что ищут спички. Осветив ими комнату, находят нужное. . .

В электродном производстве идут по эмпирическому пути. Каждый раз, как возникает новая задача, делают множество заварок и ощупью определяют наиболее подходящий рецепт. Для следующей задачи приходится продельвать то же самое. Трудно указать другую область, в которой научные основы были бы в таком же пренебрежении.

Сейчас перед нами поставлены совершенно новые задачи, которые нельзя решить способами, уже освоенными в промышленности.

Для изготовления сверхчистого графита прежде всего надо исходить из наиболее чистого сырья — обычный нефтяной кокс для этого мало пригоден, так как при термическом рафинировании в продукте всегда остается некоторая доля исходных загрязнений. Затем есть несколько американских патентов на способы очистки графита при высоких температурах хлором, аммиаком и фтором.

Для ракетной техники, антифрикционных изделий и ртутных выпрямителей нужны большие графитные блоки с мелкозернистой структурой, без трещин и с повышенной прочностью. Электродное производство не умеет готовить такие блоки. Его продукция почти всегда имеет трещины, и это, конечно, еще уменьшает ее прочность.

Прямой опыт показывает, что прочность блока тем меньше, чем выше температура подготовки сырья и обработки самого изделия. Научные основы не выяснены. До сих пор спорят, происходят ли трещины в изделиях от условий их формирования или при обжиге. Я думаю, что наибольшее значение имеет обжиг».

В 1946 г. В. С. Веселовского назначают заведующим химико-технологическим отделом института. Он снова увлекся технической политикой минерального сырья, которая после войны потребовала значительных изменений. Вызвано это было прежде всего повышением уровня производства.

В. С. Веселовский отчетливо сознавал, что с этим связана и новая тенденция в промышленности — замена природного сырья и материалов искусственными: «Развитие промышленной техники дало разнообразные весьма эффективные способы переработки и использования сырья. Это позволило приспособить производство к разному сырью. Но чем крупнее и более механизировано производство, тем оно чувствительнее к колебаниям качества сырья. Поэтому современное производство предъявляет жесткие требования к постоянству качества сырья. Чтобы удовлетворить этому требованию, промышленность согласна даже на снижение качества сырья. Известно много случаев, когда вместо богатого сырья, имеющего пестрое качество, используется более бедное, но однородное».

Тогда же появляются новые интересные записи в дневнике, размышления о судьбе и задачах науки: «Экономическое, социальное и политическое значение науки происходит от практических выводов из нее. Но нельзя смешивать науку с ее использованием. Наука — самостоятельная, ни к чему не сводимая область. Научная работа — это, прежде всего, — добывание нового знания, т. е. работа над самой наукой, или, как у нас говорят, „наука для науки“...»

Кто-то сравнил научную работу с ездой по целине, по бездорожью, да еще в темноте. Конечно, уже накопленное знание помогает двигаться вперед. Но эти фары освещают недалеко впереди и только ближайшие препятствия. Мы часто заезжаем в тупики. Один из самых непроезжих видов труда...»

Для продуктивного научного исследования нужна специальная подготовка. Обычное высшее образование для этого недостаточно. Надо иметь также некоторые природные свойства и способности, а главное — необходимо желание трудиться.

Диссертаций защищают все больше, и с определенностью выясняется, что кандидатом наук может стать почти всякий — достаточно желанием и труда. А чтобы стать доктором, надо иметь особые свойства психики и не только познавательные, но и эмоциональные. Необходима

некоторая односторонность, сосредоточие сил в определенном направлении».

В первые послевоенные годы В. С. Веселовский ведет громадную напряженную работу. Создает технологию искусственного графита, методологию испытания горючих ископаемых. Изучает возникновение рудничных пожаров от самовозгорания угля. Готовит к печати пятое издание книги «Нагревательные приборы в лабораторной практике» [58], монографию «Испытание горючих ископаемых» [56]. Всеволод Степанович много работает в институте и дома, консультирует на нескольких заводах, является членом трех ученых советов, ведет совместные работы с рядом отраслевых институтов.

### **«Химическая природа горючих ископаемых» \***

Несмотря на чрезвычайную занятость институтскими делами, консультациями и работой в промышленности, Всеволод Степанович выкраивает время для написания фундаментального труда в области химии и геохимии углерода — монографии «Химическая природа горючих ископаемых», изданной позднее, в 1955 г. [65]. В этой книге особенно ярко проявился его талант к обобщениям, к стремлению проникнуть в природу вещей. В основу книги был положен химико-генетический подход к горючим ископаемым, которые рассматриваются не как изолированные друг от друга объекты, а в их непрерывном изменении, постепенном превращении из одних форм в другие.

Свой генетический подход к изучению горючих ископаемых В. С. Веселовский построил на представлениях о сущности процессов, приводящих к их образованию. Согласно этим химико-генетическим представлениям, изменение органических остатков в земной коре, которое приводит к образованию всего разнообразия горючих ископаемых, может сводиться к двум родам химических превращений: к молекулярной ассоциации и окислению. Для обоих этих процессов можно дать количественные показатели степени их протекания. Так, в качестве количественной меры окисленности углей В. С. Веселовский, основываясь на представлениях органической химии, принял отношение разности чисел эквивалентов кислорода

---

\* Раздел написан профессором И. Л. Эттингером.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА

В. С. ВЕСЕЛОВСКИЙ

ХИМИЧЕСКАЯ  
ПРИРОДА  
ГОРЮЧИХ  
ИСКОПАЕМЫХ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва — 1956

Титульный лист книги «Химическая природа горючих ископаемых»

и водорода к одному эквиваленту углерода. Учитывая, что часть кислорода в угле может быть замещена азотом и серой, общую степень окисленности угля  $cO$  автор выразил следующей формулой:

$$cO = \frac{{}^2/_{16}O - H + {}^3/_{14}N + {}^2/_{32}S}{{}^4/_{12}C},$$

где O, H, N, S и C — содержание соответствующих компонентов в угле, мас. %.

Для характеристики степени молекулярной ассоциированности, которая для органического вещества определяется величиной его молекул и уплотненностью структуры, было предположено, что наибольшее значение имеет такая молекулярная ассоциация, которая обусловлена связями между атомами углерода. Отсюда следовало, что степень ассоциированности должна быть тем больше, чем меньше имеется в молекулах связей между углеродными и другими атомами. Из данных элементного анализа можно вычислить количество «свободного углерода», т. е. того углерода, который остается в избытке после насыщения валентностей всех других атомов. Отношение этого свободного углерода к общему его содержанию и давало показатель степени ассоциированности  $cA$

$$cA = \frac{{}^4_{12}\text{C} - \text{H} - {}^2_{16}\text{O} - {}^3_{14}\text{N} - {}^2_{32}\text{S}}{{}^4_{12}\text{C}}.$$

При выводе этой формулы принято, что все посторонние атомы соединены с углеродом и что ассоциация осуществляется только связями между атомами углерода. Понимая приближенность и условность этого допущения, В. С. Веселовский апеллировал к опыту, из которого действительно следовало, что для горючих ископаемых показатель  $cA$  не дает существенного искажения выражаемого им параметра; вместе с тем он указывал на то, что этот параметр не следует распространять на все органические вещества.

Если для каждого ископаемого определить эти показатели и принять их в качестве координат, то получается картина, наглядно охватывающая всю совокупность горючих ископаемых, и обнаруживаются генетические отношения между ними (рис. 3). При этом все многочисленные виды горючих ископаемых не располагаются равномерно по всему полю диаграммы, а группируются на отдельных участках. Это значит, что в природе образуются ископаемые только определенного, а не любого возможного состава.

В результате оказывается, что в генетическом отношении горючие ископаемые подчиняются двум семействам рядов: метаморфизма (т. е. превращения в глубинах Земли) и окисления при поверхностном выветривании горных пород. Все ряды метаморфизма горючих ископаемых исходят из области, характеризующей состав и свойства первоосновы горючих ископаемых — остатков животного и растительного мира в стадии их накопления (на-



щения компонентов и дало возможность глубже проникнуть в геохимию горючих ископаемых.

В. С. Веселовский показал, что процессы превращений в углеродсодержащих веществах органической природы, происходящие при изменении внешних условий (температуры, давления, окислительного потенциала среды), осуществляются в результате протекания не индивидуальных, а групповых реакций. Особенно важным оказалось то, что для горючих ископаемых в природе и углеродсодержащих материалов в технике такие групповые реакции можно свести к двум простейшим видам: ассоциация—диссоциация и окисление—раскисление. Сейчас эти представления общеприняты, ими пользуются во всем мире, подчас забывая, что первым их разработал В. С. Веселовский.

Как впервые установил ученый, изменения, вызванные ассоциацией или окислением атомов углерода, захватывают прежде всего небольшую часть угольного вещества, сосредоточенного в поверхностных слоях дисперсных частиц. При этом общий химический состав вещества изменяется незначительно. Данные исследования положили начало большой группе работ, проведенных в ФРГ в школе известного углехимика М. Тайхмюллера.

Представления, развитые В. С. Веселовским, позволили выявить два вида метаморфизма горючих ископаемых: физико-структурный и химический. Первый создает характерную дисперсную пористую структуру ископаемых углей. Основными действующими факторами этого вида метаморфизма являются давление вышележащих пород и выход газобразных продуктов. Основным фактором химического метаморфизма является температура.

При описании дисперсной структуры углей В. С. Веселовский выделил в качестве важного элемента поры молекулярных размеров, соизмеримых с величиной молекул сорбируемых веществ, и разработал метод определения их объема исходя из рентгеноструктурных данных.

Сейчас можно сказать с определенностью, что учение В. С. Веселовского о горючих ископаемых способствовало значительному развитию знаний об этом предмете. Наряду с общим обзором совокупности горючих ископаемых, включающим сведения о природе вещества, методологии исследования, генетических рядах, оно позволило выявить главные компоненты горючих ископаемых, дать научно обоснованную характеристику их состава, описать процессы изменения и выявить главные особенности место-

рождений горючих ископаемых. Вместе с тем это учение позволило В. С. Веселовскому эффективно разрабатывать впоследствии проблему самовозгорания углей. Основной труд, в котором изложено это учение, — книга «Химическая природа горючих ископаемых» — до сих пор является стимулятором идей и энциклопедией углехимиков.

## Последняя работа по графиту \*

Активная работа В. С. Веселовского по графиту завершилась в 1949 г., после перехода в Институт горного дела АН СССР, но и впоследствии он постоянно интересовался развитием графитной промышленности и исследований углеграфитовых материалов в СССР. Всеволод Степанович консультировал аспирантов и научных сотрудников, технологов, оппонировал на защитах диссертаций и давал отзывы на них по просьбе ВАКа, принимал участие в организации новых научных коллективов, в частности НИИГрафита Минцветмета СССР. К нему постоянно обращались за советом и помощью как к признанному авторитету в данной области. Известный исследователь физических свойств графитовых материалов С. В. Шулепов в надписи на экземпляре своей книги «Физика углеграфитовых материалов» (М.: Металлургия, 1972), подаренном Всеволоду Степановичу, назвал его «патриархом отечественной графитной промышленности».

В. С. Веселовский продолжал также собирать материалы по углеграфиту и систематизировал их в книге «Угольные и графитовые конструкционные материалы», вышедшей в издательстве «Наука» в 1966 г. Эта книга подвела итог многолетней работе Всеволода Степановича по созданию научных основ материаловедения углей и графитов и производства углеграфитовых материалов и обобщила опыт других исследователей и производителей в этих областях. Особую актуальность этой книге придало широкое развитие использования графита в новой технике — атомной энергетике и ракетостроении, поставившее новые трудные задачи получения высокопрочных, не имеющих трещин и других дефектов, газонепроницаемых, крупных по размерам графитовых блоков.

Рассматривая научные основы материаловедения углей и графитов, В. С. Веселовский изложил развитые им

\* Раздел написан доцентом А. В. Перцовым.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР  
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА им. А. А. СКОЧИНСКОГО

В. С. ВЕСЕЛОВСКИЙ

**УГОЛЬНЫЕ  
и ГРАФИТНЫЕ  
КОНСТРУКЦИОННЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ**



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
Москва 1966

**Титульный лист книги «Угольные и графитные  
конструкционные материалы»**

представления о закономерностях уплотнения молекулярной структуры органических веществ, приводящего к образованию углей и графитов, и изменения введенных им параметров степени окисленности и степени ассоциированности в генетических рядах природных объектов, представления о дисперсной структуре углей и ее генезисе, а также о методах ее изучения. На основе рассмотрения естественных и искусственных углей и графитов и важнейших видов угольных и графитовых материалов ученый классифицировал наиболее важные области их примене-

ния и требования, предъявляемые к различным углеродистым материалам. Описывая закономерности термического разложения органических веществ, он основывался на анализе элементарных молекулярных механизмов химических превращений молекул при термодеструкции с учетом современных представлений химической кинетики. Им показаны закономерности термодеструкции основных углеродсодержащих материалов: каменных и бурых углей, торфов, древесины, битумов, нефтяных остатков, а также термического разложения газов.

Рассмотрение научных основ производства углеродистых материалов В. С. Веселовский начинает с обзора физических процессов, которые протекают при выполнении основных технических операций, осуществляемых в производстве углеродистых материалов. Он подчеркивает, что значение этих операций и понимание физических процессов, протекающих при их проведении, совершенно необходимо для улучшения производства и изыскания новых методов его оценки. При этом В. С. Веселовский стремится расчленить реальные сложные процессы на составные части — элементы, являющиеся более простыми процессами, описываемыми лишь небольшим числом величин, связь между которыми может быть сравнительно легко установлена. В дальнейшем рассматриваются как сами эти элементарные процессы, так и их сочетания.

Рассмотрение ведется на примере типичной смеси для приготовления углеродистых изделий, состоящей из мелкоизмельченного угля (наполнителя) и битума как связующего. Связующее выполняет различные функции на разных этапах процесса получения материала; оно обеспечивает связность и формуемость исходной смеси, цементирует ее при затвердевании и необратимо скрепляет зерна наполнителя при отжиге, обуславливая спекание. Физическую основу формирования определяют пластические деформации связующего, а спекающего обжига — химические процессы в нем. Анализируются следующие стадии производства: приготовление смеси с учетом роли процессов смачивания наполнителя связующим и сорбции составных частей связующего на зернах наполнителя; уплотнение смеси; ее формирование; обжиг отформованных заготовок.

При анализе природы, свойств и условий получения исходных смесей В. С. Веселовский исходит из теории наполнителей, изучая при этом их технические функции. Он выделяет основные и побочные функции, относя к ос-

новным такие, как адсорбционное упрочнение, армирующее действие, каркасное действие, действие огнеупорных добавок, удешевление и др. Среди побочных функций — уменьшение объемного веса, увеличение тепло- и электропроводности, регулирование фрикционных свойств и др.

При взаимодействии битума с сыпучими материалами происходят следующие процессы: *смачивание* материалов, на которое влияет природа материала и присутствие воды; *адсорбция* (частично необратимая) составляющих битума на поверхности наполнителя, а также частичная *непигиация* наполнителя, особенно характерная для сажевой составляющей углей, образующей с битумом структурированную систему, существенно влияющую на механические свойства битумно-угольной смеси.

На основе проведенного рассмотрения В. С. Веселовский делает следующие выводы:

1. Чем мельче наполнитель, тем больше требуется связующего.

2. Для однородно-дисперсных наполнителей требуется больше связующего, чем для неоднородно-дисперсных.

3. Разные коксы при одинаковом гранулометрическом составе требуют различного количества связующего. Это зависит от степени пористости их частиц и степени прокалики.

4. При добавлении графита величина оптимального количества связующего растет.

При подробном изучении физической природы и закономерностей формирования материала В. С. Веселовский особое внимание обращает на причины появления дефектов в изделиях в процессе формирования, а также на условия формуемости материала и его связности. Им, в частности, отмечено, что существует два механизма возникновения связности материалов — капиллярная связность и связность, обусловленная силами слипания частиц, имеющая особенно большое значение в высокодисперсных системах с большим содержанием жидкой фазы (связующего).

Рассматривая физические основы обжига изделий, В. С. Веселовский выделяет следующие элементы этого процесса:

*нагревание* как определяющий элемент процесса обжига;

*термическое расширение* обжигаемого материала, которое в условиях неравномерного нагрева и особенно охлаждения может вызвать его растрескивание;

*плавление* битумных веществ, что обуславливает переход смеси в пластичное состояние;

*размягчение* материала, обнаруживающее максимальное значение при определенной температуре, которое может быть как полезным (при обжиге с прессованием), так и вредным (поскольку изменяет форму изделия);

*капиллярное перераспределение* расплавленного битума, вызывающее усадку обжигаемых заготовок, а иногда приводящее к выпотеванию битума и припеканию к заготовкам пересыпки;

*испарение* связующего и вспучивание заготовок вследствие расширения газов в замкнутых порах; испарение связующего ведет к увеличению жесткости структуры и изменению природы процессов усадки, а также к развитию пористости поверхностного слоя изделия;

*термическое разложение* связующего, которое частично сопровождается его *окислением* (особенно в поверхностных слоях заготовок);

первые семь процессов являются основными, определяющими увеличение степени ассоциации молекулярной структуры связующего и его отвердевание; кроме них, иногда существенны:

*ожигение* паров битумных веществ, происходящее в холодных частях камеры обжига и способное вызвать спекание пересыпки и ее припекание к поверхности обжигаемых изделий;

*пневматолит* (разложение газообразных органических веществ на нагретых поверхностях), приводящий к образованию плотного и твердого глянцевое угля и уплотнению материала изделия.

Анализируя процессы спекания, В. С. Веселовский приходит к выводу, что прочность образующейся системы определяется выходом кокса из битума, а влияние природы наполнителя и его количества связано в основном с изменением выхода кокса. При этом наибольшей активностью обладает графит, тогда как кварц и другие гидрофильные наполнители не увеличивают выход кокса и слабо связываются образующимся коксом. Спекание приводит к возникновению прочной структуры и усадке изделий; при неравномерной усадке может происходить их коробление и образование трещин. Возникновение трещин может также происходить при чрезвычайно быстром охлаждении изделий.

Изучая механизм графитации, В. С. Веселовский, опираясь на данные рентгенографического анализа, показы-

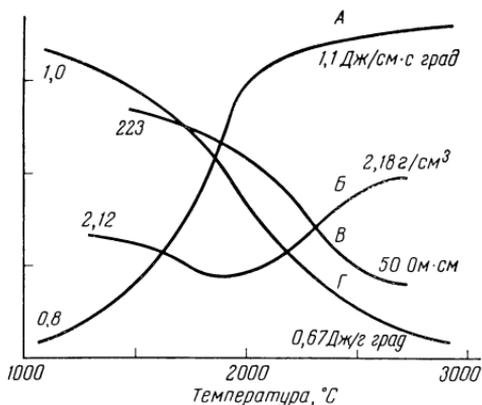


Рис. 4. Изменение свойств крекингового кокса при нагревании

вает, что основу графитации составляют следующие процессы: рост карбоидных частиц и кристаллов графита; сближение слоев углеродных атомов в карбоидных частицах; упорядочение расположения этих слоев относительно друг друга.

При графитации угля изменяются все его свойства. Эти изменения с повышением температуры нагревания происходят постепенно, но в некотором интервале температур они идут быстрее, что придает многим температурным зависимостям свойств характерную *s*-образную форму (рис. 4). Ученый подчеркивает, что способность различных углей к графитации различна и определяется особенностями дисперсной структуры углей, присутствием кислорода и карбидообразующих веществ.

Заключая книгу формулировкой основных принципов промышленной графитации углей, В. С. Веселовский указывает, что необходимость достижения температур 2100—2500 °C и удовлетворения ряда специфических требований делает выбор печей для графитации весьма ограниченным. Существуют два крайних случая нагревания печи; все остальные являются промежуточными формами. Первый случай можно назвать блочным нагреванием, так как весь обрабатываемый материал нагревается в рабочем пространстве печи приблизительно равномерно, т. е. одним блоком. Второй случай — коаксиальное нагревание. Обрабатываемый материал нагревается послойно. При включении тока сначала нагревается сердечник, хорошо проводящий ток. От него тепло распространяется

к окружающему материалу, сопротивление которого при этом быстро уменьшается, материал начинает проводить ток. Таким образом, зона высокой температуры распространяется от оси печи к периферии. Каждый из этих видов нагревания находит свое применение.

Вместе с тем В. С. Веселовский указывает, что основной недостаток печи Ачесона — периодичность ее действия и большой объем ручного труда — делает производство трудоемким и тяжелым. Несмотря на многочисленные попытки заменить печь Ачесона печью непрерывного действия, к числу которых принадлежит схема графитации антрацита, разработанная В. С. Веселовским и В. Н. Перцовым еще в предвоенные годы [122], до сих пор графитационные печи непрерывного действия удалось создать только для некоторых частных случаев. Здесь еще большое поле деятельности для научной и конструкторской мысли.

## Глава 3

---

### **Разработка научных основ борьбы с самовозгоранием углей (1950—1970-е годы)**

#### **Проблема самовозгорания углей**

В 1949 г. к В. С. Веселовскому обратилась за советом сотрудница Института горного дела АН СССР Е. А. Терпосова, которая изучала разнообразные вопросы борьбы с рудничными пожарами в результате самовозгорания углей, в том числе разрабатывала метод определения температуры возгорания углей с целью оценить их склонность к самовозгоранию. Хотя работа была тщательно выполнена, положительного результата все же не получалось, потому что при постепенном нагревании угля на воздухе или в токе кислорода его окисление развивается медленно и выделить какую-либо определенную температурную точку возгорания было трудно.

Всеслод Степанович внимательно отнесся к этой работе, помог советом, да и сам заинтересовался новой проблемой. С самовозгоранием углей ему приходилось сталки-

ваться и ранее, когда он обследовал шахты с целью оценки качества графитного сырья и занимался вопросами его хранения в штабелях. Вскоре В. С. Веселовского пригласил к себе академик Александр Александрович Скочинский (1874—1960), директор Института горного дела.

«Когда я пришел к нему, — вспоминал впоследствии В. С. Веселовский, — то застал его в обстановке далеко не академической. Это в Малом Харитоньевском переулке (ныне ул. Грибоедова. — *Авт.*), в здании бывшего Московского общества промышленников. Комната тесно заставлена письменными столами. Тут же работает машинистка. Курьерша принесла целый мешок каких-то пакетов. Александр Александрович приютился в углу за письменным столом. Рядом с ним оставалось свободное место, в котором я только-только поместился. Он рассказал о проблеме рудничных пожаров. Сказал, что это самые частые аварии в горной промышленности, но ими мало занимаются на научной основе, хотя это необходимо для безопасности труда». Последнее обстоятельство особенно привлекло внимание В. С. Веселовского. Оба остались очень довольны беседой, в результате которой А. А. Скочинский предложил В. С. Веселовскому перейти на работу к ним в институт и возглавить лабораторию пирогенных процессов.

Предложение было, конечно, заманчивым. Несмотря на то, что Всеволод Степанович много и успешно работал в промышленности, был тесно связан с предприятиями, любил и умел сам доводить свои работы до технического воплощения, решиться сразу на такой шаг было трудно. Однако постепенно новая тема все больше притягивала ученого, да и обстановка в ВИМСе начала изменяться. Проблема графита в планах института перестала быть центральной, появились новые потребности, новые задачи. К тому же Всеволод Степанович считал, что настоящему ученому нужно один-два раза в своей жизни круто изменить тематику исследований, чтобы не привыкать к своей области, как к хорошо насиженному теплему месту. Сомнения кончились тем, что с ноября 1949 г. В. С. Веселовский стал заведующим лабораторией пирогенных процессов Института горного дела.

Постепенно, пользуясь помощью, поддержкой и консультациями А. А. Скочинского, Всеволод Степанович все глубже вникал в существо причин возникновения пожаров на шахтах и в хранилищах.

Научной основой этой проблемы — самовоспламене-

нием горючих смесей — в свое время занимались многие выдающиеся физикохимики: Ю. Либих, Ф. Фишер, Я. Вант-Гофф, А. Ле Шателье, Н. Н. Семенов. Существовали разные точки зрения на причины возникновения самовозгорания угля. Так, Ю. Либих считал, что в этом повинны сульфиды, обычно сопутствующие углю, в первую очередь пирит. Ф. Фишер полагал, что оно вызывается содержащимися в угле ненасыщенными соединениями, обладающими большой химической активностью.

Наибольшее развитие получила теория теплового самовозгорания, основы которой в качественной форме были выдвинуты Я. Вант-Гоффом, а затем более подробно разработаны А. Ле Шателье и впоследствии Н. Н. Семеновым. В этой теории главная роль отводилась теплу, которое выделялось при медленном протекании экзотермической реакции (например, окисления) и рассеивалось в пространстве. При определенных условиях (температура, давление) тепло не успевает передаться в окружающее пространство. Поэтому температура в зоне реакции начинает сильно повышаться. С повышением температуры скорость реакции и скорость теплообразования увеличиваются. Скорость теплоотвода тоже возрастает, однако медленнее, чем скорость реакции. Температура, при которой выделяющееся тепло становится больше отводимого, и будет температурой самовозгорания, или самовоспламенения. Начиная с нее происходит прогрессивное саморазогревание системы и самоускорение реакции, приводящее к тепловому самовозгоранию или взрыву. В принципе теория теплового возгорания позволяет вычислить температуру самовозгорания, если известны тепловые характеристики смеси: тепловой эффект реакции, теплопроводность, а также кинетика реакции горения — константа скорости и энергия активации; лучше всего теория совпадала с экспериментом для газовых смесей. Для таких же сложных систем, какими являлись угли, эту теорию применить было нельзя. Поэтому перед В. С. Веселовским встала задача разработать такие теоретические представления, которые могли бы учитывать все разнообразие углей и условий их залегания и хранения. Нужна была серьезная экспериментальная работа. Как всегда, Всеволод Степанович начал с методов исследования. Существующие оказались непригодными.

Часто пытались определить склонность углей к самовозгоранию по их способности окисляться, однако полу-

ченные при этом результаты оказывались весьма противоречивыми. Многие исследователи того времени считали, что наиболее прямой метод оценки склонности к самовозгоранию должен состоять в определении температуры возгорания, т. е. той температуры, до которой достаточно нагреть материал, чтобы он загорелся, — чем ниже эта температура, тем легче материал может загореться. Однако в такой постановке проблемы был явный недостаток. Ведь материал должен сам разогреваться до температуры возгорания, и, следовательно, он должен обладать способностью быстро окисляться при сравнительно низких температурах. Поэтому температура возгорания, которая характеризует окисляемость при повышенной температуре, оказывается мало полезной для оценки склонности к самовозгоранию. И действительно, классификационные шкалы, предложенные англичанами М. Денштедтом в 1908 г., Е. Эрдманом в 1922 г. и другими исследователями, которые основывались на этом показателе, не соответствовали фактическим данным. Существовала и другая точка зрения: окисляемость необходимо определять при низких температурах. Так считали английские исследователи В. Френсис и М. Лесон. Для облегчения задачи они предлагали методы окисления в водной среде. Однако эти методы являлись косвенными и нуждались в систематическом сопоставлении с промышленной практикой. Таким образом, применяемые за рубежом методы плохо согласовывались с действительностью.

В нашей стране отдельные работы в этой области проводились и до 1920-х годов. Но значительное развитие они получили только в 1930-х годах, когда в связи с быстрым увеличением добычи угля и сульфидных руд обострилось положение с рудничными пожарами и пожарами при хранении углей на складах. Промышленность оказалась неподготовленной к борьбе с появившимися затруднениями, а наука была не в состоянии указать пути для решения возникших производственных задач. К разработке проблемы были привлечены многие исследователи. Вначале большинство из них, как и их предшественники, продолжали придерживаться классических химических представлений. Практически полезных результатов получить не удавалось. Осваивались с некоторыми вариациями методы Денштедта, Эрдмана и др. На этой основе сотрудники Всесоюзного теплотехнического института и Всесоюзного угольного института предложили шкалы склонности углей к самовозгоранию в зависимости от степени их

метаморфизма. Однако они были далеки от совершенства, так как только очень приблизительно соответствовали действительной склонности углей к самовозгоранию и никак не согласовались с тем, что среди углей всех степеней метаморфизма имеются как склонные, так и не склонные к самовозгоранию.

Реально же в практике все сводилось к визуальному обследованию случаев самовозгорания и формальной статистике. Поэтому данные, имевшиеся в литературе и запылявшие архивы, содержали массу нелепостей и противоречий и никак не могли быть систематизированы.

Задачи, которые стояли перед В. С. Веселовским и его лабораторией, были обширны. Нужно было разработать количественные методы определения склонности углей к самовозгоранию. При этом нужно было добиться того, чтобы эти методы охватывали все разнообразие углей и были достаточно простыми, доступными для использования непосредственно на местах добычи и хранения угля. Далее требовалось найти такую методику, которая бы четко указывала на то, что пожар в шахте произошел именно от самовозгорания, а не от каких-либо других причин — небрежности работников шахты или неисправности оборудования. Вместе с тем эти методы должны были дать возможность заранее выявить потенциальные очаги возникновения пожаров, с тем чтобы ликвидировать саму возможность самовозгорания. Отсюда возникала задача, состоящая в разработке системы мер и средств профилактики и ликвидации подземных пожаров.

## **Создание методов определения склонности углей к самовозгоранию**

Без создания методики, дающей точные и воспроизводимые количественные результаты, нечего было и думать классифицировать угли по их склонности к самовозгоранию. В. С. Веселовский начал с самого главного, с самого основного: он решил выяснить, как развивается в угле процесс окисления, чтобы понять, каким образом медленно развивающееся низкотемпературное окисление переходит в горение — высокотемпературное самоускоряющееся и самоподдерживающееся окисление.

Прежде всего было обнаружено, что чем сильнее уголь окислен при низкой температуре, тем более он склонен к самовозгоранию. Оно начинается раньше, при менее

сильном нагреве. Вот здесь-то и потребовалась такая методика, которая бы давала возможность точно определить температуру, при которой медленное окисление переходит в быстрое — в горение. Обычно применявшиеся для этого методы не годились. Раньше делали так: брали измельченный уголь, помещали его в трубку, находящуюся в печи, пропускали через трубку кислород и постепенно нагревали. За окислением следили по выходу газообразных продуктов. При этом получалась более или менее плавная кривая окисления, на которой трудно было выделить сколько-нибудь характерную точку температуры возгорания. Ведь по мере нагревания пробы скорость окисления угля, как и любой другой химической реакции, увеличивается. Поэтому, пока идет нагрев до той области, когда может начаться горение, уголь уже сильно окисляется и загораться начинает не тот уголь, который был взят для пробы, а уже сильно измененный, окисленный, у которого температура возгорания успела существенно понизиться. Кроме того, струя кислорода омывала пробу угля очень неравномерно. В одном месте медленное окисление уже начинало переходить в горение. В другом — нет. Результаты получались очень невоспроизводимыми.

Вникнув в существо причин, которые не позволяли делать точные измерения, В. С. Веселовский нашел необычный, но очень эффективный и простой путь. Вместо газообразного он предложил применять твердый окислитель. Порошок угля смешивали с порошком окислителя (лучшим оказался нитрит натрия). Затем смесь постепенно нагревали. Пока шло нагревание, никаких реакций не происходило, поскольку твердые вещества с очень большим трудом вступают в химическое взаимодействие друг с другом. А как только температура достигала определенного предела — сразу начиналась бурная реакция горения угля, которую легко можно было зафиксировать. Система по свойствам, да и по составу, была похожа на обычный дымный порох. Он ведь тоже на воздухе не окисляется, а гореть начинает только после того, как его подожгут, и сгорает моментально, с очень большой скоростью [53].

«Прибор Терпогосовой стал весело стрелять и фотосамописец регистрировал вспышку», — так комментировал В. С. Веселовский удачно найденное решение.

Теперь, пользуясь этим методом, можно было разработать классификацию углей по их способности к возгоранию [69]. Более того, оказалось, что с его помощью

удается определить и их склонность к самовозгоранию. Ведь самовозгорание определяется не только низкой температурой вспышки, но и всем комплексом свойств угля: степенью его метаморфизма (т. е. теми изменениями, которые с ним произошли за миллионы лет нахождения в земной коре), его окисленностью, трещиноватостью и др. Поэтому если разные угли предварительно окислять в стандартных условиях (например, при смачивании перекисью водорода), а затем измерять их температуру вспышки, то можно определить, для каких именно углей эта температура существенно понижается при окислении. Значит, это и есть те, которые склонны к самовозгоранию. Непосредственные опыты, которые были проведены с углями, взятыми из разных мест, полностью подтвердили правильность теоретических представлений и работоспособность методики. Оказалось, что угли, взятые из мест пожаров, т. е. склонные к самовозгоранию, дают после окисления понижение температуры вспышки более чем на  $25^{\circ}$ , а безопасные — менее чем на  $10^{\circ}$  [59, 61].

На этой же основе был разработан метод обнаружения начальных стадий окисления каменных углей непосредственно в шахтах и хранилищах, который позволил точно выделять и оконтуривать зоны окисления углей в пределах месторождений и на складах [62].

Для того чтобы узнать температуру возгорания угля в исходном, неокисленном состоянии, В. С. Веселовский и сотрудница лаборатории Г. Л. Орлеанская предложили обрабатывать его бензидином (диаминодифенилом) — он полностью уничтожал последствия предварительного окисления углей. Если бензидин добавляли в смесь угля с окислителем, то температура вспышки увеличивалась до значения, соответствующего воспламенению неокисленного угля. Тем самым был открыт способ определения реальной степени окисленности углей. Если разница в температурах возгорания с бензидином и без него большая, то, значит, уголь окислен сильно. Это, в свою очередь, позволило разработать метод раннего обнаружения очагов будущих пожаров по степени окисленности и, следовательно, подготовленности углей к самовозгоранию. После проверки на шахтах Донбасса и Кузбасса этот метод был принят на вооружение. Трудно даже представить себе, сколько людей предохранили от гибели и увечий мероприятия по своевременному предупреждению пожаров, основанные на методе определения склонности углей к самовозгоранию.

Наряду с лабораторными исследованиями Всеволод Степанович вел активную работу по изучению эндогенных пожаров непосредственно на шахтах. С 1950 г. начинаются его командировки на места самовозгорания угля. В течение нескольких лет он ездит с кем-либо из сотрудников своей лаборатории в Кузбасс, в шахтах которого возникали эндогенные пожары. Он сам спускается в шахту для отбора образцов угля, несмотря на тяжелые условия: «Приходится больше ползать, чем ходить, и к тому же мокро... Очень много дают наблюдения на месте» (из письма к жене). Образцы испытывались сотрудниками тут же, в «походной лаборатории», что давало возможность сразу иметь результаты и обдумывать их.

Сохранилось письмо к старшей дочери Анне от июня 1951 г. с описанием этих работ: «Часто спускаюсь в шахту... Надо надевать специальную шахтерскую одежду. Она тяжелая и неудобная. За плечами рюкзак для проб угля, на ногах тяжелые резиновые сапоги, потому что иногда на полу вода 20—30 см, и вот попробуй так ходить весь день. Четыре километра туда и четыре обратно, да еще по лестницам то вниз, то вверх метров на 80... Образцы угля я приношу в нашу походную лабораторию. Она устроена на веранде в гостинице. Галина Леонидовна Орлеанская их испытывает, и я сразу узнаю, в каком положении уголь в шахте и что мне делать дальше. А если бы мне пришлось доставлять образцы в Москву, то я бы ничего этого сейчас не знал и работал бы вслепую...».

В конце 1951 г. В. С. Веселовскому было присвоено персональное звание «горного директора»<sup>1</sup>.

В последующие годы работы в шахтах усложняются. Из записей Всеволода Степановича: «Задачи мы себе поставили большие: надо связать наши данные о рудничных пожарах с геологической обстановкой... Все больше приходится переходить от исследований природы (естествознания) к технологии. Чтобы получить практически полезные результаты для промышленности, приходится заниматься техническими деталями. Дело в том, что причин какого-нибудь явления всегда много. Неопределенно много. Но практически полезный результат получается только тогда, когда удастся найти одну, самое большее две-три главные причины. Если это удалось, то полезные выводы получаются легко. Беда в том, что главных при-

<sup>1</sup> Звание в горной промышленности.

чин может не быть вовсе. Тогда все превращается в игру: то ли выйдет, то ли нет. В этом существенное отличие технологии от естествознания. Оно происходит от того, что в естествознании устанавливаются закономерности, но не ставится вопрос, хорошо это или плохо. В технологии же это главный вопрос».

Наряду с проблемой возникновения пожаров в угольных шахтах В. С. Веселовский занялся также изучением самовозгорания углей в местах их хранения. Президиум АН СССР предложил включить эту тему в план работы лаборатории. Необходимость таких исследований была вызвана тем, что для бесперебойной работы транспорта, электростанций, коксовых заводов и т. д. создавались запасы топлива. При их хранении часто возникали пожары.

Основная сложность в разработке мер по обеспечению сохранности углей в штабелях была опять-таки связана с отсутствием методов контроля изменений качества угля при хранении его в штабелях, а также методов отбора представительных проб. После создания таких методов и их лабораторного опробования была изучена и установлена возможность их применения для исследования процесса окисления углей в штабелях [77].

В результате промышленностью были приняты два метода оценки состояния угля в штабеле. Один был основан на сопоставлении показателя степени окисленности со стандартным показателем, в качестве которого принята толщина пластичного, т. е. механически нарушенного, трещиноватого слоя; он давал возможность быстро испытывать большое число проб, что значительно увеличивало оперативность контроля как на складах коксовых заводов, так и при приемке углей для коксования. Другой метод был основан на сопоставлении показателя степени окисленности с теплотой сгорания углей.

Одновременно изучалось действие ингибиторов окисления углей с целью использования их для улучшения сохранности угля при хранении в штабелях. Наиболее перспективными ингибиторами оказались тяжелые нефтяные масла и битум.

Проводились наблюдения за штабелями угля с целью проследить процессы окисления при разных условиях закладки штабелей. Было установлено, что развитие процесса окисления угля в штабелях обуславливается двумя факторами: проникновением в штабель воздуха и температурой угля. Наибольшая окисленность развивается в поверхностном слое штабеля. Поэтому при покрытии шта-



**В. С. Веселовский**

Портрет работы заслуженного художника РСФСР  
И. В. Голицына (1950 г.)

беля битумом или битумоглинистой пастой значительно замедляется развитие окислительного процесса. Наряду с этим было обнаружено, что важным фактором, ускоряющим окисление кусков угля, является смачивание угля водой. Смачивание влияет на кинетику окисления угля при длительном хранении, которая, кроме обычно учитываемых факторов, сильно зависит от степени развитости сети микротрещин в кусках угля. Вода вызывает набуха-

ние окисленных слоев на стенках трещин, расклинивание и разрастание последних.

Полученные результаты дали возможность сформулировать оптимальные условия хранения углей, а также объяснить действие защитных покрытий и антипирогенов.

До 1959 г. оценка склонности углей к самовозгоранию производилась качественно: «сильносклонный», «склонный», «малосклонный». На новом этапе разработки научных основ борьбы с рудничными пожарами такая оценка уже не удовлетворяла, необходим был новый количественный показатель степени склонности угля и других горючих ископаемых к самовозгоранию, который можно было использовать в полученных расчетных формулах.

В 1960 г. В. С. Веселовский совместно с Г. Л. Орлеанской разработал универсальный метод определения химической активности углей и руд. В основе метода лежит определение константы скорости сорбции кислорода углем или другими горючими материалами. Численное значение этой константы служит для характеристики химической активности окисляющихся материалов и используется для расчетов по выведенным формулам теплового баланса скорости притока воздуха, времени перехода самонагревания в возгорание. Преимущество метода перед предложенными ранее в том, что он позволяет непосредственно испытывать материалы в условиях, близких тем, при которых они самовозгораются в промышленности. Получаемые при помощи нового метода результаты использовались для расчета теплового баланса, изучения условий самовозгорания в горных выработках и для выяснения механизма окисления углей при низких температурах. Метод оказался применимым к любым окисляющимся материалам — углям, углистым сланцам и породам, сульфидным рудам и т. п. [98].

Полученные при исследовании результаты проверялись на пластах шахты треста «Прокопьевскуголь». Позже на их основе была составлена «Инструкция для определения химической активности промышленных материалов с целью оценки их склонности к самовозгоранию».

Метод Веселовского и Орлеанской позволил исследовать кинетику низкотемпературного окисления и сделать ряд теоретических выводов. Было обнаружено замедление сорбции кислорода углем во времени, выражающееся в уменьшении скорости поглощения углем кислорода. Это позволило ввести представление об окислительной дезактивации углей [99].

При исследовании зависимости скорости сорбции кислорода от его концентрации удалось показать, что она определяется не химической реакцией, а диффузионным притоком кислорода. Очень интересные результаты дало изучение зависимости скорости сорбции кислорода от степени измельчения угля. Вначале скорость сорбции для мелких фракций, естественно, больше, чем для крупных. Но для мелких фракций она уменьшается со временем быстрее, и они становятся менее активными, чем крупные. Из этого следовал важный вывод, что мелкие частицы угля, особенно пыль в рядовом угле, не могут иметь большого значения для самовозгорания.

Опыты, проведенные с самыми разнообразными углями, выявили одну их общую интересную особенность. Если окисленный уголь нагреть, а затем охладить, то его химическая активность увеличится и он станет активней, чем до нагревания. Этим явлением удалось воспользоваться для разработки метода определения активности угля в свежем, неокисленном состоянии по окисленным пробам. Кроме того, удалось объяснить рецидивы возгорания углей на потушенных пожарных участках.

## **Теория самовозгорания горючих ископаемых**

Разработку теоретических основ самовозгорания углей В. С. Веселовский начал с решения задач, связанных с кинетикой низкотемпературного окисления и с природой окисляющихся материалов. Общее решение было получено на основе теории химических процессов. Ученый исходил из того, что окислительные процессы, приводящие к самовозгоранию угля, имеют сложную природу и состоят из нескольких последовательных стадий, включающих не только химические реакции, но и такие явления, как передача тепла в окружающую среду и приток воздуха. Химические реакции порождают тепло, а внешняя обстановка, способствующая самовозгоранию угля, должна быть такова, чтобы это тепло накапливалось и вызывало повышение температуры.

При разработке своей теории В. С. Веселовский исходил из теории возгорания, предложенной в 1883 г. А. Ле Шателъе и его сотрудником Е. Малларом, которая получила развитие в работах академика Н. Н. Семенова. По этой теории возгорание происходит при определенном

соотношении между скоростью генерации тепла вследствие окисления вещества и скоростью отдачи тепла в окружающую среду. Проведенные Всеволодом Степановичем лабораторные исследования показали, что эта теория недостаточно полно характеризует природу явления. В соответствии с ней следовало ожидать, что свежий, только что добытый уголь должен наиболее интенсивно окисляться и немедленно возгораться, подобно пиррофорным материалам. В действительности же этого не происходит, а начинается медленное низкотемпературное окисление, которое лишь постепенно ускоряется и, наконец, переходит в возгорание. В. С. Веселовский установил, что у каменных углей самовозгоранию предшествует инкубационный период скрытой подготовки, который не предусматривался теорией Ле Шателье. Из нее не следует также возможность самопроизвольного охлаждения угля в тех случаях, когда температура не могла подняться до температуры возгорания. Это, как выяснилось, происходит вследствие замедления скорости окисления, что приводит к потере углем способности самовозгораться.

Основываясь на принципах теории Ле Шателье, В. С. Веселовский сформулировал физические условия зарождения эндогенного пожара. В горных выработках эти условия проявляются различно и зависят от множества геологических и горно-технических факторов. Так, приток воздуха связан с режимом вентиляции, колебанием барометрического давления и температурой наземной поверхности, проницаемостью угольных целиков и вмещающих пород и т. п. Отдача тепла зависит от величины и сосредоточенности скоплений угля, их разрыхленности, притока воды и т. п. Большое число этих факторов и сложность их количественного определения затрудняют выяснение причин возникновения пожаров.

Взамен множества геологических и технических факторов, обуславливающих возникновение пожаров, Всеволод Степанович предложил рассматривать только три физических фактора; 1) способность угля быстро окисляться при низких температурах; 2) интенсивный приток воздуха к углю; 3) затрудненную отдачу тепла в окружающую среду. Эта конкретизация факторов оказалась весьма ценной для систематизации случаев самовозгорания в производственной обстановке.

Так возникло новое направление в научной разработке проблемы борьбы с самовозгоранием в промышленности. Оно позволило количественно оценивать факторы само-

возгорания: химическую активность окисляющихся материалов, величину и степень их сосредоточенности, роль притока воздуха на разных стадиях развития процесса [102, 103].

Рассматривая процесс самовозгорания горючих материалов с позиций химической кинетики, В. С. Веселовский показал, что этот процесс состоит в переходе низкотемпературного окисления в возгорание. Для этого необходимо, чтобы низкотемпературное окисление сопровождалось самонагреванием. Это возможно при условии, когда генерация тепла окисления будет больше теплоотдачи в окружающую среду.

Для создания научных основ борьбы с самовозгоранием угля в горных выработках В. С. Веселовский начал экспериментальное изучение процесса низкотемпературного окисления и перехода его в самовозгорание. Проведенные опыты показали, что кусок угля окисляется неравномерно — периферия быстрее, чем середина. Вместе с тем окисление угля протекает избирательно, т. е. с кислородом преимущественно реагируют наиболее активные атомные группы, входящие в состав угля. Избирательность окисления приводит со временем к изменению характера окисления: изменяется состав окисляемого вещества и образующихся продуктов окисления, замедляется скорость процесса.

Скорость низкотемпературного окисления измельченного угля определяется скоростью притока кислорода к реагирующей поверхности, а не кинетикой химической реакции окисления. Доставка кислорода в зону реакции происходит по микротрещинам в куске угля и через слой продуктов окисления на реагирующей поверхности. Оба участка пути притока кислорода изменяются по мере протекания окислительного процесса. Прогрессирующее окисление куска состоит не столько в утолщении слоя продуктов окисления на реагирующей поверхности угля, сколько в разрастании сети микротрещин в куске угля, на стенках которых вновь образуется такой же слой [116, с. 29].

Переход низкотемпературного окисления в возгорание происходит тогда, когда низкотемпературное окисление сопровождается самонагреванием. Это возможно только в том случае, если скопление угля обладает соответствующими геометрическими формами, которые способствуют тому, что генерация тепла происходит в объеме окисляющегося угля, а теплоотдача — через внешнюю по-

верхность его. Поэтому геометрической характеристикой теплового состояния скопления угля будет отношение его объема к поверхности. Вместе с тем для самовозгорания необходим приток свежего воздуха, поскольку высокая концентрация кислорода возможна только при фильтрационном режиме. В разработанной В. С. Веселовским теории основным фактором, обуславливающим самовозгорание скопления окисляющегося материала, является тепловой баланс, который количественно описывает распределение образующегося тепла между участвующими в процессе телами.

Таким образом, о степени пожароопасности для самонагревающегося скопления материала качественно можно судить по отношению количества тепла, идущего на нагревание, к количеству генерируемого тепла. Однако этот показатель можно применять лишь для ориентировочных оценок, а для получения достоверных данных необходимо базироваться на полном расчете теплового баланса.

Чтобы рассчитать тепловой баланс, надо выразить его составляющие через такие физические величины, которые в действительности могут быть измерены. Эти величины должны характеризовать размеры скопления окисляющегося материала, его химическую активность, количество поступающего воздуха и температуру материала.

Тепловой баланс для единицы объема в скоплении самонагревающегося материала В. С. Веселовский записал в виде следующего уравнения:

$$QUC\gamma = c\gamma' dt/dx + c_p\gamma' B dt/dy + \lambda\nabla^2 t + F(n),$$

где  $Q$  — удельная теплота сорбции кислорода;  $U$  — удельная скорость сорбции кислорода;  $C$  — концентрация кислорода в воздухе;  $\gamma$  — объемный вес скопления материала;  $dt/dx$  — скорость нагревания;  $c$  и  $c_p$  — теплоемкости материала и воздуха;  $\gamma'$  — плотность воздуха;  $B$  — объемная скорость притока воздуха;  $dt/dy$  — градиент температуры вдоль воздушного потока;  $\lambda$  — теплопроводность материала;  $\nabla^2 t$  — оператор Лапласа — сумма вторых производных температур по координатам;  $F(n)$  — различные другие статьи расхода тепла, например на испарение воды из материала.

При составлении такого баланса для реальных скоплений угля в шахтах или хранилищах возникает трудность, связанная с необходимостью определения количества воздуха, просачивающегося через скопление горю-

чего материала. Чтобы преодолеть это затруднение, В. С. Веселовский предложил уравнение, по которому приток воздуха можно вычислить по константе скорости сорбции кислорода, длине пути воздуха в скоплении и времени контакта [119, с. 9].

Приток воздуха в скоплении окисляющегося материала влияет на две статьи теплового баланса: на генерацию тепла вследствие того, что он увеличивает концентрацию кислорода, и на вынос тепла исходящим воздухом. Для объемной скорости воздуха можно написать

$$B = \Pi y / \tau,$$

где  $\Pi$  — пористость скопления;  $y$  — длина пути воздуха в скоплении;  $\tau$  — время контакта элемента воздушного потока с материалом. Время контакта можно определить из уравнения

$$U\tau = -\frac{V}{H} \ln \frac{C}{C_0},$$

где  $U$  — кинетическая константа скорости сорбции кислорода;  $V$  — объем воздуха, находящийся в контакте с 1 г угля;  $H$  — навеска угля;  $C_0$  и  $C$  — начальная и конечная концентрации кислорода в воздухе.

Сравнивая с предыдущим уравнением и приняв во внимание, что для 1 см<sup>3</sup> в скоплении материала  $V = \Pi$  и  $H = \gamma$ , В. С. Веселовский получил

$$B = \frac{Uy\gamma}{-\ln(C/C_0)}.$$

Этим уравнением можно воспользоваться для определения скорости притока воздуха, если определить убыль кислорода в воздушном потоке, который протекает через скопление угля.

Рассматривая движение потока воздуха в скоплении, ученый пришел к выводу, что вначале самонагревание развивается равномерно по всему объему окисляющегося материала, поскольку при низких температурах потребление кислорода идет медленно и его достаточно даже в тех участках скопления, в которых приток воздуха мал, а там, где приток его больше, он не может вызвать значительного ускорения процесса. Поэтому неравномерность просачивания воздуха не оказывает влияния на процесс. В дальнейшем процесс самонагревания становится все

более неравномерным. В скоплении материала появляются более горячие участки, и максимум температуры сосредотачивается во все меньшем объеме. Это вызывается неравномерностью притока воздуха по каналам с различным сопротивлением. Из-за неравномерности развития самонагрева самовозгорание происходит всегда в отдельных небольших очагах.

В исследованиях В. С. Веселовского одно из главных мест занимал вопрос о переходе самонагрева в самовозгорание. Проведенные исследования показали, что, когда в скоплении материала достигается некоторая критическая температура (для большинства материалов, используемых в промышленности, обычно  $60-100^\circ\text{C}$ ), происходит переход самонагрева в возгорание. Как только достигается эта критическая температура, сильно ускоряется потребление кислорода и дальнейшее развитие процесса возможно только при достаточно большом притоке воздуха. Таким образом, необходимое условие возгорания состоит в том, что воздух должен фильтроваться через скопление материала и притом с достаточно большой скоростью. Если фильтрации воздуха нет и кислород поступает только путем диффузии, то возгорания не происходит.

Тепловой баланс дает возможность оценить эффективность изоляции окисляющегося материала для разных стадий его самонагрева. Для начала самонагрева достаточно очень слабого притока воздуха, и, чтобы воспрепятствовать ему, нужна совершенная изоляция. Тепловой баланс может также служить для определения времени, по истечении которого самонагревание перейдет в возгорание, т. е. длительности инкубационного периода. Очевидно, это произойдет тогда, когда накопится столько тепла, что температура достигнет критического значения. Для решения задачи необходимо было в уравнение теплового баланса подставить  $dt = t_k - t_0$ , причем  $t_k$  и  $t_0$  означают критическую и начальную температуры. Соответственно надо определить средние значения статей баланса за время, когда температура повышается от  $t_0$  до  $t_k$ . Затем, чтобы перейти от скоростей к количествам тепла, надо все члены уравнения умножить на искомое время. Тогда время контакта элемента воздушного потока с материалом

$$\tau = \frac{\gamma c (t_k - t_0)}{QUC\gamma - \gamma' c_p B \frac{dt}{dy} - \lambda \nabla^2 t}.$$

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР  
Институт горного дела им. А. А. Скочинского

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
САМОВОЗГОРАНИЯ  
УГЛЯ И РУД



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
Москва 1972

**Титульный лист книги «Физические основы  
самовозгорания угля и руд»**

Анализ этого уравнения дал также возможность определять, от каких факторов зависит длительность инкубационного периода [116, с. 17].

Теория самовозгорания горючих материалов В. С. Веселовского распространяется на все виды твердых горючих ископаемых (каменный уголь, сульфидные руды, горючие сланцы) при их разработке, транспортировке (железная дорога, водный транспорт) и хранении (штабеля, отвалы, склады, трюмы).

Результаты всех этих работ были обобщены В. С. Веселовским в монографии «Физические основы самовозгорания угля и руд», вышедшей в издательстве «Наука» в 1972 г.

## **Разработка методов профилактики и прогноза эндогенных пожаров**

На основе новых лабораторных и шахтных исследований и использования сформулированной им теории самовозгорания В. С. Веселовский разработал методы профилактики и прогноза эндогенных пожаров. При этом он основывался на том, что профилактические мероприятия должны обеспечивать подавление и устранение физических условий самовозгорания. Такими мероприятиями являются способы, обуславливающие уменьшение химической активности горючих материалов, окисляющихся при низких температурах, предотвращение накопления тепла и притока воздуха к скоплениям таких материалов.

Для уменьшения химической активности материалов предполагалось применение антипирогенов в дезактивации угля путем его медленного окисления. Однако попытки практического использования этих методов не дали удовлетворительных результатов [109].

Воспрепятствовать накоплению тепла можно путем уменьшения количества окисляющихся материалов и ускорения ведения горных работ. Этот путь вполне реален, но связан с перестройкой технологии и промышленного применения не получил.

Сократить приток воздуха к окисляющимся материалам можно также посредством их изоляции и уменьшения разности между внутренним и атмосферным давлением. Именно этот путь практически и используется в промышленности. Главными средствами для его осуществления являются возведение перемычек различной конструкции и заиливание выработанного пространства. Однако и этот способ недостаточно эффективен.

При определении длительности инкубационного периода — времени, необходимого для возникновения пожара, следует учитывать, что очаги могут зарождаться не только в действующем или отработанном участке, но и в подрабатываемых старых выработках, для которых инкубационный период сильно сокращается. Длительность инкубационного периода имеет определенную вели-

чину для данных условий и устанавливается практически или вычисляется. За скорость накопления тепла принимается разность между скоростями генерации и отдачи тепла в среду.

Для разработки мер по предупреждению пожаров В. С. Веселовский дал строгое физико-химическое обоснование факторов пожарной опасности и оценил их практическую значимость. Благодаря этому были научно обоснованы и предложены количественные показатели для определения степени пожарной опасности самовозгорания материалов в подземных горных выработках. На основании предложенных критериев были установлены три категории пожарной опасности — малая, умеренная и опасная и даны рекомендации для использования их при оценке пожароопасности пластов и отдельных участков шахт; предложена классификация типов самовозгорания в горной промышленности, связывающая обстановку возникновения пожаров с эксплуатационными работами [115].

Большое внимание уделил В. С. Веселовский научному обоснованию выбора веществ, которые препятствуют возгоранию горючих материалов — антипирогенов. Он считал, что этот термин надо понимать в практическом и техническом смысле, а не в научном, так как физический механизм антипирогенного действия может быть различен. Поэтому для эффективного применения существующих антипирогенов и для изыскания новых их видов необходимы были исследования, которые позволили бы выявить физический механизм их действия.

На основании экспериментальных работ, проведенных в лаборатории, и анализа существующих действующих антипирогенов Всеволод Степанович предложил классифицировать механизмы действия антипирогенов на следующие виды: химическое ингибирование реакции окисления; блокировка поверхности кусков угля пленками; блокировка пор в угле; изолирующее покрытие трещиноватых целиков; тампонаж трещин в целиках.

Объясняя теоретически химическое ингибирование реакции окисления, В. С. Веселовский показал, что от применения ингибитора нельзя ожидать большого эффекта, поскольку, уничтожая радикалы, он будет лишь обрывать и без того довольно короткие цепи, которые не дают большого ускорения реакции. Кроме того, свежая новообразованная поверхность угля быстро покрывается слоем окисленного вещества, через который должен про-

никнуть ингибитор вместе с кислородом. Но это возможно только для молекул малого размера. Известные же до сих пор ингибиторы имеют сравнительно большие молекулы. Таким образом, путь изыскания ингибитора для замедления реакции окисления угля с теоретической точки зрения надо считать малопродуктивным. Проведенные за последние 20 лет эксперименты не дали в этом направлении положительных результатов.

Испытания защитного действия пленок, которыми покрывают поверхность угля, показали, что при их применении возникают большие трудности главным образом потому, что пленкообразующие вещества вызывают слипание зерен угля, и до сих пор нет убедительных доказательств антипирогенного действия пленок.

Большого эффекта, чем от пленочных покрытий, надо ожидать, если антипироген закрывает доступ газообразному кислороду в крупные поры и трещины (блокировка пор в угле). Механизм такого антипирогенного действия был указан профессором О. И. Черновым<sup>2</sup>.

В качестве изолирующего покрытия трещиноватых целиков применяются разные покрытия — оштукатуривание, цементные рубашки, каучуковые пленки и т. п. Принципиальное отличие от предыдущего в этом случае состоит в том, что покрытия целиков препятствуют не диффузии кислорода, а фильтрации воздуха по трещинам в целике. Для этого наиболее пригодны эластичные покрытия, которые не растрескиваются при деформации целиков.

Таким образом было установлено, что положительные результаты в промышленности можно получить, только пользуясь антипирогенами двух последних типов — изолирующими покрытиями и тампонажем трещиноватых целиков.

Относительно предупреждения самовозгорания угля при хранении В. С. Веселовский пришел к выводу, что здесь главными факторами, ускоряющими процесс, служат температура штабеля и смачивание водой, которая способствует развитию трещиноватости в кусках угля. Приток воздуха имеет второстепенное значение. Поэтому камепные угли стойки при хранении на воздухе, если они

---

<sup>2</sup> Чернов О. И., Альперович В. Я. Развитие методов комплексной борьбы с угольной пылью, горными ударами, газовыделением, внезапными выбросами угля и газа и эндогенными пожарами в угольных шахтах. — В кн.: Нагнетание воды в угольные пласты для повышения безопасности горных работ. М.: Недра, 1965, с. 7—46.

не смачиваются водой и не подвергаются нагреванию. Отсюда следует, что наиболее эффективными должны быть покрытия штабелей, которые защищают уголь от проникновения в него воды. Для этого в промышленности широко применяются такие антипирогены, как нефтяные и каменноугольные масла.

Разработанный В. С. Веселовским метод прогноза самовозгорания угля в горных выработках исходит из положения, что научный прогноз есть экстраполяция на будущее тех знаний, которые имеются в настоящее время, иными словами — предсказание еще не наблюдавшегося на основании того, что наблюдалось.

Факторы опасности самовозгорания в горных выработках разделяются на природные и горно-технические. К природным опасностям относятся химическая активность и геологические особенности месторождения. К горно-техническим — те факторы, которые непосредственно связаны с ведением горных работ [116, с. 143—144].

Химическая активность может служить показателем только относительной склонности к самовозгоранию, т. е. при равных горно-геологических условиях для активных материалов пожарная опасность больше, чем для малоактивных. Поэтому в первую очередь В. С. Веселовский рассмотрел вопрос о связи между химической активностью углей и их петрографической структурой. Полученные данные показали, что существует определенная связь между степенью метаморфизма углей, их пористостью и химической активностью. Было установлено, что с увеличением степени метаморфизма химическая активность углей уменьшается. Особенно важными оказались результаты, полученные аспиранткой В. И. Агафоновой при изучении бурых углей из Ангренского месторождения и Челябинского бассейна. Они показали, что бурые угли обладают очень высокой активностью, которая еще повышается с увеличением природной влажности углей или при их смачивании водой во время хранения. При переходе от бурых углей к каменным химическая активность резко уменьшается, наименее активными являются антрациты. Резкое уменьшение химической активности наблюдается при переходе от спекающихся углей, у которых преобладает ароматическая структура вещества, к углям с карбонидной молекулярной структурой.

Выявленные закономерности получили широкое теоретическое и практическое применение. До этих работ

процесс низкотемпературного окисления углей, углистых сланцев и сульфидных руд почти не изучался, и в литературе по этому вопросу имелись лишь отрывочные и противоречивые данные.

Изучение фактического материала по месторождениям углей, сланцев и сульфидных руд привело к выводу, что наиболее общими геологическими факторами и показателями пожароопасности являются углы падения и мощности пластов. Пласты с крутым углом падения — опасные; с наклонным углом, умеренно пологие, — не опасные. Пласты мощностью более 3,5 м — опасные.

Кроме угла падения и мощности пласта, которые являются главными и наиболее общими факторами опасности самовозгорания, надо учитывать еще несколько особенностей структуры месторождения, имеющих значение в частных случаях: сближенность рабочих пластов, наличие в кровле и почве нерабочих угольных пластов и углистых пород, степень устойчивости угольного массива, характер обрушения вмещающих пород и уплотняемости их в зоне выработанного пространства, глубину залегания разрабатываемого пласта, тектоническую нарушенность горного массива и метаноносность угольных пластов.

В зависимости от физико-механических свойств вмещающих пород и характера их обрушения создаются различные условия для движения воздуха в отработанной части пласта. Вмещающие породы для многих месторождений являются основным фактором, определяющим выбор способа изоляции выработанного пространства. Так, наличие в почве и кровле нерабочих угольных пластов и углистых пород приводит к тому, что при обрушении кровли (а на крутом падении и при сползании почвы) образуются скопления разрыхленного угля. В соответствии с их расположением относительно путей движения воздуха они могут усилить степень пожароопасности.

Глубина залегания разрабатываемого пласта оказывается важным фактором в связи с тем, что вблизи от земной поверхности опасность самовозгорания увеличивается вследствие проникновения атмосферного воздуха в горные выработки, так как вблизи от поверхности горные породы и угольные пласты более трещиноваты, чем на глубоких горизонтах. Тектонические нарушения угольных пластов и вмещающих пород усиливают действие всех других факторов пожарной опасности [117]. Таковы основные положения метода прогнозирования самовозго-

рания углей без учета их газонасыщенности, разработанные В. С. Веселовским.

Исследованиями, проведенными с целью применения указанного метода, установлено, что пласты угля пожароопасны при остаточном содержании метана в них менее  $5 \text{ м}^3/\text{т}$ , слабой устойчивости вмещающих пород и при нарушенной структуре угля и практически безопасны, если газонасыщенность угольных пластов достигает  $20\text{—}25 \text{ м}^3/\text{т}$ . Связано это с тем, что уголь, содержащий много метана, совсем не поглощает кислорода. Только когда скорость выделения метана становится малой, начинается поглощение кислорода, причем его скорость постепенно увеличивается, достигает максимума, а затем уменьшается, т. е. происходит окислительная дезактивация.

Механизм действия метана на сорбцию В. С. Веселовский объяснил так: при большом содержании метана он выделяется из угля струями и вымывает диффундирующий навстречу кислород. Вследствие этого окисление угля не может происходить. Со временем струйное выделение ослабевает и его заменяет диффузионное выделение. Наконец, устанавливается стационарный процесс: навстречу друг другу диффундируют метан и кислород [119, с. 28—36].

Хотя встречная диффузия газов мало влияет на скорость их переноса, опыт показывает, что присутствие метана в угле значительно замедляет сорбцию кислорода. Это было объяснено тем, что метан разбавляет кислород, т. е. уменьшает его концентрацию в порах угля.

Проведенные исследования на пластах Воркутинского (1969—1970 гг.), Горловского (1971 г.) и Лисичанского (1972 г.) месторождений показали, что степень опасности самовозгорания угля в горных выработках в большой мере определяет остаточное содержание метана в угле [120].

Для бурых углей вследствие их большой химической активности, малой устойчивости и большой проницаемости целиков опасность должна оцениваться выше, чем для каменных углей. Крутое падение пластов усиливает все другие факторы, пологое залегание их ослабляет. Тектоническая нарушенность может увеличивать химическую активность, а содержание в угле метана уменьшает ее.

Отбор из общей совокупности тех факторов, которые имеют значение для данного бассейна или района, и выяснение значимости каждого из них обычно не представ-

ляют больших затруднений. Главную трудность прогноза пожарной опасности создает многообразие сочетаний разных факторов и условий их взаимодействия: они могут усиливать и ослаблять друг друга. Так, повышенная химическая активность каменных углей может значительно ослабляться положим залеганием и малой мощностью пластов. Например, в Красноармейском районе Донбасса угли намного химически активнее, чем угли Горловского района, а в то же время количество пожаров в Красноармейском районе вследствие пологого залегания пластов значительно меньше, чем в Горловском районе.

Тектоническая нарушенность в угольных пластах усиливает действие всех других факторов пожарной опасности. Однако влияние этих факторов в различных бассейнах имеет свои особенности. В Донбассе тектоническая нарушенность угольных пластов увеличивает их химическую активность и способствует возникновению пожаров в целиках, оставленных в нарушенных зонах. В Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса влияние тектонической нарушенности пластов проявляется главным образом в повышении пожароопасности на аварийных участках.

Таким образом, взаимодействие факторов пожарной опасности должно устанавливаться для конкретных угольных пластов и их отдельных характерных участков путем анализа результатов прямых наблюдений [120].

## Последние годы жизни

В. С. Веселовскому часто приходилось ездить в командировки (несмотря на тяжелую болезнь легких), изучать на месте случаи самовозгорания. Так, в 1965 г. Всеволод Степанович был в Грозном с целью проверки проекта производства углещелочного реагента для бурения глубоких скважин. Выяснилось, что при составлении проекта не были приняты во внимание меры, необходимые для предупреждения пожаров. Были даны конкретные указания, как исправить проект.

В апреле 1967 г. состоялась интересная поездка в Ташкент и далее в Ангрэн на угольный карьер, а затем в Караганду в угольный бассейн, работников которого В. С. Веселовский давно консультировал.

В октябре 1968 г., несмотря на плохое самочувствие, Всеволод Степанович поехал на север, в Воркуту, по за-

данию Министерства угольной промышленности, чтобы разобраться в пожарном состоянии месторождений угля. Здесь уже была зима, и Всеволоду Степановичу было трудно дышать, но поездка эта имела большое значение. Связана она была с тем, что на шахтах комбината «Воркутауголь» были зарегистрированы пожары. Предполагалось, что они могли возникнуть от самовозгорания угля. Работавшая здесь комиссия по расследованию этих пожаров, констатируя, что «наиболее вероятной причиной является самовозгорание угля», в то же время допускала и другую причину пожара: «возможность загорания угля в результате самовозгорания минерального масла в смеси с угольной мелочью и древесными отходами», т. е. от небрежности персонала. Если последнее предположение соответствовало действительности, то, значит, возникший пожар не связан с химической активностью угля и горно-геологическими условиями разработки, т. е. он экзогенного происхождения.

После возникновения следующего пожара комиссия пришла к заключению, что причиной пожара явилось самовозгорание угля в углеспускной печи. По действовавшим в то время правилам техники безопасности, если на пласте возник хотя бы один пожар эндогенного происхождения, такой пласт надо было считать склонным к самовозгоранию.

Комбинат поручил Восточному научно-исследовательскому институту по безопасности работ в угольной промышленности (ВостНИИ) провести испытание пластов на склонность их к самовозгоранию. В результате проведенных исследований ВостНИИ дал заключение, что в основном пласты Воркутинского месторождения склонны к самовозгоранию. Комбинат не согласился с таким заключением и обратился в Министерство угольной промышленности СССР с просьбой разобраться с этим вопросом. Министерство создало комиссию, в состав которой от Института горного дела им. А. А. Скочинского был введен В. С. Веселовский.

Комиссия выехала на шахты комбината и на месте тщательно изучила обстоятельства, при которых возникли пожары, рассмотрела горно-технические условия и вынесла решение поручить В. С. Веселовскому провести исследование углей Воркутинского месторождения с целью определения их химической активности и дать заключение о возможности возникновения пожаров эндогенного происхождения.

В связи с этим решением в 1969—1970 гг. в Воркуте были проведены экспериментальные работы и доказано, что пласты Воркутинского месторождения к самовозгоранию не склонны, поэтому разрабатывать их следует как неопасные.

Согласившись с этими выводами, Министерство угольной промышленности СССР приняло решение, в связи с которым комбинату «Воркутауголь» не потребовалось, как это следовало из ранее сделанного другими институтами заключения, изменять систему разработки и применять противопожарные мероприятия, которые требовали бы огромных дополнительных материальных затрат.

В этом ярко выразились научная добросовестность и ответственность Всеволода Степановича Веселовского. Сам он так комментировал это событие: «... обследование привело к выводу о ненужности мероприятий против самовозгорания угля в шахтах „Воркутауголь“. Это дало экономию затрат в десятки миллионов рублей и было самым полезным применением моих работ за все 25 лет работы в Институте горного дела им. А. А. Скочинского. . .» За эту работу имя В. С. Веселовского было занесено в Книгу почета института.

Чрезвычайно широкие и разносторонние научные интересы В. С. Веселовского, глубокие знания заслуженно привлекали внимание его коллег. Он постоянно оказывал помощь институтам, особенно расположенным на периферии, и производству. По существу, лаборатория В. С. Веселовского в Институте горного дела им. А. А. Скочинского являлась научным центром в СССР в области борьбы с эндогенными пожарами. Его труды широко известны за пределами нашей страны.

Наряду с разнообразной научной деятельностью Всеволод Степанович проводил большую работу по подготовке научных кадров. Он долгие годы был членом ученых советов Института горного дела им. А. А. Скочинского, Института горючих ископаемых, Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева. Всеволод Степанович считал, что диссертация на соискание ученой степени кандидата наук — это первый крупный самостоятельный труд соискателя. Ее успешная защита служит признанием научной зрелости диссертанта, показателем степени его подготовленности к исследованиям в избранной области науки.

Из записей Всеволода Степановича 1964 г.: «Ко мне, теоретiku, обращается много диссертантов». Кроме аспи-

рантов и сотрудников лаборатории, к нему идут за советом и помощью очень много соискателей степени из институтов и заводов, из Москвы и с периферии, из разных уголков страны. «Мои подшефные диссертанты», как называет их Всеволод Степанович. Их всегда ждет внимательный и доброжелательный прием, исчерпывающие пояснения и советы, самая существенная помощь. Но если диссертация не соответствует надлежащему уровню, то профессор будет неумолим, не согласится ни на какие компромиссы. Будет добиваться переделки рукописи или откажется помогать. Многие приезжали издалека по нескольку раз.

Даже будучи больным, Всеволод Степанович не отказывался от рецензирования научных отчетов и статей и всякого рода консультаций, но здоровье все ухудшалось, зимой трудно стало ездить в Институт в Панки. Сотрудники приезжают на дом. В 1974 г. Всеволод Степанович ушел на пенсию, но оставался в Институте горного дела на должности профессора-консультанта.

В октябре 1974 г. отмечался 100-летний юбилей А. А. Скочинского. В. С. Веселовский приехал на Ученый совет института и выступил с теплыми воспоминаниями о прежнем директоре, которого он любил и уважал. Но на свой 75-летний юбилей Всеволод Степанович уже не смог приехать в институт. Ученики, сотрудники и коллеги — Г. Д. Лидин, А. Э. Петросян, И. Л. Эттингер и др. приезжали к нему с сердечными приветствиями. Было много поздравительных адресов и телеграмм. Из благодарной Воркуты пришла телеграмма в 90 слов.

Из последних записей: «Я совсем рассыпался, от малейшего усилия задыхаюсь. Сажу за столом и еще могу думать и писать. . . Оглянемся на прошлое. Мы не зря жили. Одна из главных обязанностей старшего поколения в том, чтобы облегчить новому поколению начать жить. И это не просто материальная помощь, но много важнее — передача духовной культуры, духовного наследия. И мы это сделали».

5 декабря 1977 г. Всеволод Степанович Веселовский скончался.

## Заключение

Значение творческого наследия В. С. Веселовского трудно переоценить. По его книгам воспитывались многие поколения советских исследователей в области технологии угольных и графитных конструкционных материалов и самовозгорания угля и руд. До сих пор молодым сотрудникам, начинающим работать с графитными материалами, рекомендуют начать знакомство с проблемой чтением монографий В. С. Веселовского «Углерод», «Технология искусственного графита», «Угольные и графитные конструкционные материалы», которые не утратили за прошедшие десятилетия своего значения.

В лаборатории газовой защиты и борьбы с самовозгоранием угля Института горного дела им. А. А. Скочинского продолжают развивать идеи В. С. Веселовского его ученики и последователи. Они используют созданные им научные основы для решения все усложняющихся задач.

В соответствии с постоянным увеличением глубины шахт и рудников повышаются газоносность, самовозгораемость и температура окружающих горных пород, усиливается действие гравитационных сил и тем самым возрастает частота возникновения в шахтах и рудниках таких опасных для горняков явлений, как внезапные выбросы угля и газа, горные удары, эндогенные пожары, и других стихийных явлений, действующих в недрах земли при подземной добыче полезных ископаемых.

Поэтому разработки в области обеспечения безопасности работ в шахтах и рудниках и научные исследования в этом направлении постоянно развиваются как в отраслевых, так и в академических научно-исследовательских организациях.

Большое развитие получают исследования, направленные на предотвращение эндогенных пожаров в условиях глубоких шахт (800—1000 м и более) Донбасса, для которых требуется уточнить ряд прогнозных параметров самовозгораемости с учетом не только природных факторов, но и новой техники и технологии, применяемой на шахтах в настоящее время.

Эти исследования ведутся на базе теоретических положений, разработанных В. С. Веселовским, и охватывают широкий круг как научных, так и практических проблем.

В Институте горного дела им. А. А. Скочинского под руководством лауреата Государственной премии кандидата технических наук Е. Ф. Карпова и кандидата технических наук Б. А. Сурначева разработан и подготовлен к внедрению на шахтах новый комплекс аппаратуры под общим названием «Гамма», который позволит автоматизировать и значительно повысить надежность прогноза эндогенных пожаров в ранней стадии их развития. Эта аппаратура может применяться в любых горно-технических условиях шахт и рудников независимо от глубины разработки.

Исследования для условий шахт Донбасса, работающих на глубине 1000—1200 м, ведет Всесоюзный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, где под руководством доктора технических наук А. И. Козлюка изучаются условия предупреждения самовозгорания угля при вскрытии, подготовке и отработке шахтных полей, организуются на шахтах Донбасса контрольно-наблюдательные службы по борьбе с эндогенными пожарами, разрабатываются методы и средства обнаружения очагов самовозгорания угля. Большое внимание уделяется способам тушения возникающих на шахтах эндогенных пожаров.

На шахтах Донбасса разработаны и применяются новые способы и средства тушения эндогенных пожаров в подготовительных выработках и в выработанных пространствах действующих и отработанных очистных участков.

Для условий шахт Кузнецкого, Карагандинского, Печорского, Приморского, Сахалинского и других угольных бассейнов страны разработки по борьбе с эндогенными пожарами ведутся Восточным научно-исследовательским институтом по безопасности работ в горной промышленности, где под руководством доктора технических наук профессора В. М. Маевской наряду с развитием теоретических исследований внедряются на шахтах новые способы и средства предотвращения эндогенных пожаров. Новыми направлениями в этой области являются исследования влияния на самовозгорание угля вентиляционных режимов шахт и утечек воздуха через выработанные пространства. С этой целью изучаются особенности применения изолирующих сооружений в шахтах, расположен-

ных в зонах многолетней мерзлоты, влияние сопротивления выработанного пространства при слоевой системе разработки и воздухопроницаемости горных пород на самовозгораемость угля.

Таким образом, теоретические исследования В. С. Веселовского расширяются и находят практическое применение на шахтах всех угольных бассейнов нашей страны. Они известны и широко применяются за рубежом.

Сотрудники Отделения рудничной аэрологии Института горного дела им. А. А. Скочинского, в состав которого входила лаборатория Всеволода Степановича Веселовского, свято чтят его память.

По их инициативе в бывшем кабинете Всеволода Степановича хранятся памятные вещи, научные отчеты, его опубликованные работы. В ознаменование 80-летия со дня рождения В. С. Веселовского в 1980 г. вышли в свет Научные сообщения Института горного дела им. А. А. Скочинского, выпуск 187 «Рудничная аэрология», с оттиском фотографии Всеволода Степановича на титульном листе.

В вестибюле Отделения рудничной аэрологии организована постоянная выставка портретов и фотографий Всеволода Степановича.

## Основные даты жизни и деятельности В. С. Веселовского

- Всеволод Степанович Веселовский родился 4 (17) октября 1900 г. в Москве, скончался 5 декабря 1977 г. в Москве.
- 1917 г. — Окончил Поливановскую гимназию в Москве.
- 1917—1918 гг. — Студент юридического факультета Московского государственного университета.
- 1919 г. — Сотрудник эпидемического отряда Наркомздрава на Восточном фронте гражданской войны.
- 1920—1922 гг. — Военная служба в Красной Армии.
- 1923—1929 гг. — Студент физико-математического факультета Московского государственного университета.
- 1929—1949 гг. — Лаборант, научный сотрудник, заведующий лабораторией Института прикладной минералогии (с 1935 г. Всесоюзного института минерального сырья).
- 1934 г. — Присвоено звание действительного члена Института.
- 1934 г. — Присвоена ученая степень кандидата технических наук без защиты диссертации.
- 1940 г. — Защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук «Новое в технологии искусственного графита».
- 1940 г. — Утвержден в звании профессора.
- 1944 г. — Награжден медалью «За оборону Москвы».
- 1944 г. — Награжден медалью «За трудовую доблесть».
- 1946 г. — Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».
- 1949—1974 гг. — Заведующий лабораторией пирогенных процессов Института горного дела им. А. А. Скочинского АН СССР.
- 1951 г. — Прочтены в Академии угольной промышленности и на заводах циклы лекций: «Самовозгорание углей и обнаружение пожарных очагов в шахтах», «Теоретические основы графитации углей», «Материаловедение графита».
- 1951 г. — Присвоено звание «горного директора».
- 1952—1977 гг. — Член Ученого совета Института горного дела АН СССР им. А. А. Скочинского.
- 1954 г. — За выслугу лет награжден орденом Трудового Красного Знамени.
- 1955—1977 гг. — Член Ученого совета Института горючих ископаемых АН СССР.
- 1958 г. — Прочтен цикл лекций в Московском геолого-разведочном институте по геохимии и технологии полезных ископаемых.

- 1963 г. — Член Научно-технического совета Государственного комитета по топливной промышленности при Госплане СССР.
- 1970 г. — Награжден знаком «Шахтерская слава» III степени.
- 1970 г. — Объявлена благодарность по Институту горного дела им. А. А. Скочинского АН СССР за создание теоретических основ самовозгорания углей, а также методов прогнозирования пожароопасности в шахтах.
- 1975 г. — Президиумом Верховного Совета СССР объявлена благодарность.
- 1976 г. — Награжден медалью «Тридцать лет победы в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.».

### Библиография трудов В. С. Веселовского

1. Метод массового определения золы в графите. — Минер. сырье, 1930, № 6, с. 55—58.
2. Обогащение курейского графита. — Минер. сырье, 1930, № 6, с. 59—87. Совм. с И. А. Шапиро.
3. Сравнительное изучение физико-химических свойств естественных и искусственных графитов. — Минер. сырье, 1931, № 3, с. 265—274. Совм. с И. А. Шапиро.
4. Термическая обработка курейского графита. — Минер. сырье, 1931, № 5/6, с. 535—540.
5. Библиография графита. — Минер. сырье, 1931, № 7, с. 753—754; № 8/9, с. 926—928; № 10/11, с. 1085—1089; № 12, с. 1117—1121.
6. Механизм и скорость горения графита в зависимости от температуры. — Минер. сырье, 1932, № 1, с. 44—59. Совм. с В. Н. Перцовым.
7. Сухой противонакипный графитный препарат. — Минер. сырье, 1932, № 1, с. 95—96.
8. Термическое обогащение графита. — Минер. сырье, 1932, № 1, с. 96.
9. Термическое рафинирование курейского графита. — В кн.: Коллоидный графит. М.: Ин-т прикл. минералогии, 1932, с. 76—78.
10. Советские графиты в производстве гальванических элементов. — Минер. сырье, 1932, № 2, с. 35—44. Совм. с И. И. Колесниковым.
11. Полужаводские опыты термического рафинирования графитов. — Минер. сырье, 1932, № 7/8, с. 32—75.
12. Работы по освоению в промышленности графитов союзных месторождений. — Минер. сырье, 1933, № 2, с. 27—36.
13. О работах лаборатории дисперсных систем ИПМ на 1932 г. — Минер. сырье, 1933, № 4, с. 33—34.

14. Исследование образца графита Ногинского месторождения на р. Тунгуске. — *Минер. сырье*, 1933, № 2, с. 36—38. Совм. с В. К. Чайковским.
15. Месторождение графита близ с. Полтавка. — *Минер. сырье*, 1933, № 7, с. 45—51. Совм. с И. И. Соболевым.
16. Исследование продуктов термического рафинирования графитов и графитации углей. — *Минер. сырье*, 1933, № 8/9, с. 25—29. Совм. с В. С. Левиной.
17. Нагревательные приборы в лабораторной практике. М.: Ин-т прикл. минералогии, 1933. 111 с. Совм. с И. В. Шманенковым.
18. Условия устойчивости суспензий графита в воде в отсутствие стабилизаторов. — В кн.: Исследования по физико-химии технических суспензий. М.; Л.: Госхимтехиздат, 1933, с. 80—90.
19. Графит из шлака литейного чугуна. — *Минер. сырье*, 1934, № 4, с. 22—25.
20. Опыты термической обработки графитов и углей в заводском масштабе. — *Минер. сырье*, 1934, № 5, с. 30—38. Совм. с Е. Ф. Чалых.
21. Теория получения искусственного графита путем графитации углей. — *Журн. физ. химии*, 1934, т. 5, вып. 5, с. 557—573. Совм. с В. Н. Перцовым.
22. Über den Kohlengraphitierungsprozess. — *Ztschr. anorg. und allg. Chem.*, 1934, Bd. 216, H. 3, S. 228—240. Mit W. N. Pertzow.
23. К учению о дисперсной структуре. I. Систематика. — *Журн. физ. химии*, 1934, т. 5, вып. 8, с. 977—981.
24. К учению о дисперсной структуре. II. Рентгенографическое исследование дисперсных структур графитовых тел. — *Журн. физ. химии*, 1934, т. 5, вып. 8, с. 982—995. Совм. с К. В. Васильевым.
25. Röntgenographische Untersuchung der dispersen Strukturen verschiedener Graphitarten. — *Ztschr. Kristallogr.*, 1934, Bd. 8/9, S. 156—174. Mit K. W. Wassiliew.
26. Zwillingsbildungen bei Graphitkristallen. — *Ztschr. Kristallogr.*, 1934, Bd. 8/9, S. 494—496. Mit K. W. Wassiliew.
27. Влияние поверхностного натяжения интермицеллярной жидкости на формирование структуры силикагеля. — *Журн. физ. химии*, 1935, т. 6, вып. 6, с. 1171—1179. Совм. с И. А. Селяевым.
28. Einwirkung der Oberflächenspannung der intermizellaren Flüssigkeit auf die Strukturbildung des Silikagels. — *Kolloid Ztschr.*, 1935, Bd. 72, H. 2, S. 197—202. Mit I. A. Selayew.
29. Завальевский графитообогащительный завод. — *Минер. сырье*, 1935, № 1, с. 36—40.
30. Технология графита. М.; Л.: ОНТИ, 1935. 181 с. (Тр. ВИМС, Вып. 78).
31. Аккумуляция ионов из разбавленных растворов пермутитами. — *Минер. сырье*, 1935, № 5, с. 16—19. Совм. с И. А. Селяевым.
32. Сравнительное испытание графитов для элементного производства. Сообщ. I. — *Минер. сырье*, 1935, № 6, с. 41—47. Совм. с Н. С. Криволюдкой и Г. Г. Морозовым.
33. Сравнительное испытание графитов для элементного производства. Сообщ. II. — *Минер. сырье*, 1935, № 7, с. 52. Совм. с Н. С. Криволюдкой и Г. Г. Морозовым.

34. К учению о дисперсной структуре. III. О структурах высших порядков кремневых дисперсоидов. — Журн. физ. химии, 1936, т. 7, вып. 6, с. 911—917.
35. К учению о дисперсной структуре. IV. Рентгенографическое исследование структуры кремневых тел. — Журн. физ. химии, 1936, т. 7, вып. 6, с. 918—923.
36. Прилипание пузырьков к твердым поверхностям. — Журн. физ. химии, 1936, т. 8, вып. 2, с. 247—259. Совм. с В. Н. Перцовым.
37. Физико-химические основы механических свойств порошковых дисперсоидов: Влияние капиллярного давления на усушку глины. — Коллоид журн., 1936, т. 2, вып. 5, с. 417—423. Совм. с И. А. Селяевым.
38. Физико-химические основы механических свойств порошковых дисперсоидов: Связь между механическими свойствами глины и ее агрегативным состоянием. — Коллоид журн., 1936, т. 2, вып. 6, с. 467—474. Совм. с В. Н. Перцовым.
39. Углерод: Алмазы, графиты и угли и методология их исследования. М.; Л.: ОНТИ, 1936. 176 с. (Тр. ВИМС).
40. Нагревательные приборы в лабораторной практике. 2-е изд. М.: Ин-т прикл. минералогии, 1936. 131 с. Совм. с И. В. Шманенковым.
41. Графит. — В кн.: Минералы СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1938, с. 224—243. Совм. с А. Г. Титовым.
42. Нагревательные приборы в лабораторной практике. 3-е изд., испр. и доп. М.: ГОНТИ, 1938. 189 с. Совм. с И. В. Шманенковым.
43. Искусственный графит. — В кн.: Новые отрасли промышленности неметаллов. М., 1939, с. 35—52. (Тр. ВИМС; № 146).
44. Технология искусственного графита. М.; Л.: Госгеолыздат, 1940. 161 с.
45. Нагревательные приборы в лабораторной практике. 4-е изд., испр. и доп. Л.: Госхимиздат, 1946. 183 с. Совм. с И. В. Шманенковым.
- 46-47. Графит. М.; Л.: Госгеолыздат, 1946. 48 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья; Вып. 3). Переведена на кит. яз.
- 48-49. Горючие сланцы. М.; Л.: Госгеолыздат, 1947. 56 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья; Вып. 38). Переведена на кит. яз.
- 50—51. Уголь. М.; Л.: Госгеолыздат, 1948. 88 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья; Вып. 66). Переведена на кит. яз.
52. Исследование вещества горючих ископаемых. — Тр. ВИМС. Н. С., 1949, вып. 1, с. 32—35.
53. Температура возгорания углей как показатель склонности их к самовозгоранию. — Изв. АН СССР. ОТН, 1950, № 4, с. 1204—1211. Совм. с Е. А. Терпогосовой.
54. Распознавание начальной стадии окисления каменных углей. — Изв. АН СССР. ОТН, 1951, № 7, с. 1041—1045. Совм. с Г. Л. Орлеанской.
55. Об определении окисленности каменных углей и о точности определения влажности. — Завод. лаб., 1951, № 10, с. 1232—1236. Совм. с Е. А. Терпогосовой.
- 56-57. Испытание горючих ископаемых. М.: Госгеолыздат., 1951. 333 с. Переведена на кит. яз.

58. Нагревательные приборы в лабораторной практике. 5-е изд. М.; Л.: Госхимиздат, 1951. 230 с. Совм. с И. В. Шманенковым и Е. В. Носачевым.
59. Обнаружение пожарных очагов, возникающих в шахтах от самовозгорания углей. — Уголь, 1953, № 2, с. 33—35. Совм. с Г. Л. Орлеанской.
60. Зависимость окисления горючих ископаемых от температуры. — Изв. АН СССР. ОТН, 1953, № 6, с. 905—909. Совм. с Е. А. Терпигосовой.
61. Сопоставление пластометрического показателя с показателем понижения температуры возгорания для оценки окисленности коксующихся углей. — Изв. АН СССР. ОТН, 1954, № 12, с. 140—141. Совм. с Е. А. Терпигосовой.
62. О самовозгорании каменных углей в подземных выработках. — Тр./ИГД, 1954, т. 1, с. 193—202. Совм. с Г. Л. Орлеанской и Е. А. Терпигосовой.
63. Начальная стадия окисления каменных углей как поверхностное явление. — Изв. АН СССР. ОТН, 1954, № 4, с. 140—146. Совм. с Г. Л. Орлеанской.
64. Основные факторы, определяющие возникновение подземных пожаров, и методы их распознавания на ранней стадии возникновения: Тез. докл. к координац. совещ. по разработке крутопадающих угольных пластов в Кузбассе. М.: ИГД, 1955.
65. Химическая природа горючих ископаемых. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 424 с.
66. Теория самовозгорания каменных углей. — Тр./ИГД, 1956, т. 2, с. 160—165. Совм. с Г. Л. Орлеанской и Л. П. Виноградовой.
67. Опыт применения метода ИГД для контроля окисленности коксующихся углей. — Тр./ИГД, 1956, т. 3, с. 206—210. Совм. с Е. А. Терпигосовой.
68. Самовозгорание каменных углей в подземных выработках. — В кн.: Разработка крутопадающих пластов Кузбасса. М.: Углетехиздат, 1956, с. 609—614.
69. Характеристика углей по их склонности к самовозгоранию. — В кн.: Разработка крутопадающих пластов Кузбасса. М.: Углетехиздат, 1956, с. 615—629.
70. Внешние факторы возникновения пожаров. — В кн.: Разработка крутопадающих пластов Кузбасса. М.: Углетехиздат, 1956, с. 630—648.
71. Подземные пожары. — В кн.: Разработка крутопадающих пластов Кузбасса. М.: Углетехиздат, 1956, с. 665—675. Совм. с Г. Л. Орлеанской и Л. П. Виноградовой.
72. Поверхностное окисление углей. — В кн.: Тр. конф. по адсорбции к 200-летию МГУ. М.: Изд-во МГУ, 1957, с. 65—68. Совм. с Г. Л. Орлеанской.
73. Современное состояние теории самовозгорания углей. — Тр. Всесоюз. ин-та торф. пром-сти, 1957, № 15, с. 100—106.
74. Факторы возникновения пожаров в шахтах Прокопьевско-Киселевского района. — В кн.: Тр. Всесоюз. совещ. Кемерово, 1955 г. М.: Углетехиздат, 1957, с. 251—256. Совм. с Л. П. Виноградовой.
75. Прогноз и предотвращение самовозгорания углей. — В кн.: Советская горная наука за 40 лет. М.: Углетехиздат, 1957, с. 522—540.
76. Метод контроля окисленности каменных углей. — Завод. лаб.,

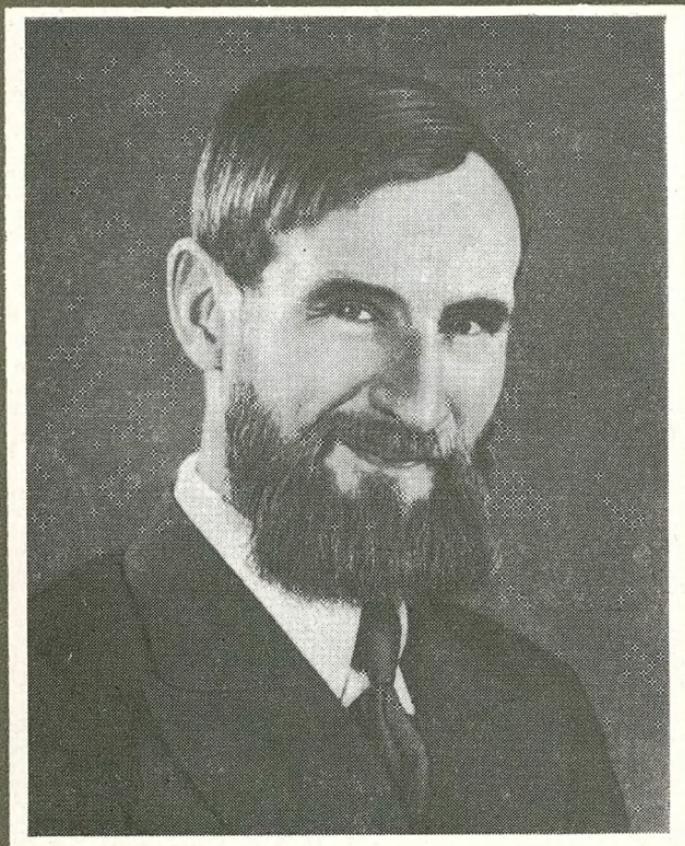
- 1958, № 2, с. 179—181. Совм. с Е. А. Терпугосовой и Н. Д. Алексеевой.
77. Результаты изучения хранения углей в штабелях по методу Института горного дела АН СССР. — В кн.: Окисление и хранение твердых горючих ископаемых. М.: Трансжелдориздат, 1958, с. 111—115.
  78. Кинетика окисления углей азотной кислотой. — Докл. АН СССР, 1958, т. 123, № 6, с. 1056—1059. Совм. с Г. Л. Орлеанской.
  79. Природа углеграфитных материалов и научные основы их производства. — В кн.: Углеграфитовые материалы и их применение в аппаратостроении. М.: Профиздат, 1958, с. 8—19.
  80. Окисление как научная основа горения. — Горн. дело, 1959, т. 6, разд. 4, с. 118—121.
  81. Подземная газификация. — Горн. дело, 1959, т. 6, разд. 4, с. 163—166. Совм. с П. В. Скофа и И. П. Кульченко.
  82. The chemical nature of Caustobioliths from the viewpoint of genesis. — In: Symp. on the Nature of Coal. Dehli, 1959, p. 56—64.
  83. Научные основы борьбы с самовозгоранием угля в горных выработках. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Госгортехиздат, 1959, т. 301—310. Совм. с Г. Л. Орлеанской и Л. П. Виноградовой.
  84. Низкотемпературная стадия окисления углей. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Госгортехиздат, 1959, с. 311—322. Совм. с Е. А. Терпугосовой и Н. Д. Алексеевой.
  85. Переход низкотемпературного окисления в самовозгорание. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Госгортехиздат, 1959, с. 323—333.
  86. Графит. — В кн.: Справочник металлста. М.: Машгиз, 1959, т. 3, с. 535—538.
  87. Состояние научных основ борьбы с самовозгоранием угля. М.: Госгортехиздат, 1959. 18 с. Совм. с Л. П. Виноградовой.
  88. Графит и графитовые изделия. — В кн.: Справочник по машиностроительным материалам. М.: Машгиз, 1960, с. 711—723.
  89. Графит. 2-е изд. М.: Госгеолтехиздат, 1960. 47 с. (Требования промышленности к качеству минерального сырья; Вып. 3).
  90. Пути определения качества нефтяных коксов для электролного производства. М.: Цветметинформация, 1960, с. 87—94.
  91. Кинетика сорбции кислорода углем при низких температурах. — Докл. АН СССР, 1960, т. 131, № 6, с. 1396—1399. Совм. с Е. А. Терпугосовой и Н. Д. Алексеевой.
  92. Кинетика самонагревания угля, потерянного в подземных выработках. — Науч. сообщ. Ин-та горн. дела АН СССР, 1960, вып. 4, с. 45—54. Совм. с Г. Л. Орлеанской и Л. П. Виноградовой.
  93. Тезисы докладов о научной деятельности лаборатории методов борьбы с самовозгоранием углей и руд. М.: Ин-т горн. дела АН СССР, 1960. 8 с.
  94. Кинетика сорбции кислорода измельченным углем при низких температурах. — Науч. сообщ. Ин-та горн. дела АН СССР, 1961, вып. 11, с. 182—190. Совм. с Е. А. Терпугосовой и Н. Д. Алексеевой.
  95. Низкотемпературное окисление углей и сульфидных руд. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Изд-во АН СССР,

- 1962, с. 227—240. Совм. с Е. А. Терпигосовой и Н. Д. Алексеевой.
96. Самовозгорание с точки зрения теории химических процессов. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 240—251. Совм. с Е. А. Терпигосовой и Н. Д. Алексеевой.
  97. Коллоидная структура углей и их сорбционная активность: Тез. докл. на 5-й Всесоюз. конф. по коллоидной химии. М.: Изд-во АН СССР, 1962, с. 142. Совм. с Е. А. Терпигосовой и Г. Л. Орлеанской.
  98. Определение химической активности самовозгорающихся материалов. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 253—261. Совм. с Г. Л. Орлеанской и Н. Д. Алексеевой.
  99. Изучение скорости окисления углей и сульфидных руд. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 261—272. Совм. с Е. А. Терпигосовой и Н. Д. Алексеевой.
  100. Классификация типов самовозгорания углей и руд. — В кн.: Проблемы рудничной аэрологии. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 272—276. Совм. с Л. П. Виноградовой.
  101. Испытание горючих ископаемых. 2-е изд. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 411 с.
  102. Самовозгорание промышленных материалов. М.: Наука, 1964. 246 с. Совм. с Н. Д. Алексеевой, Л. П. Виноградовой, Г. Л. Орлеанской и Е. А. Терпигосовой.
  103. Основные закономерности процесса самовозгорания материалов. — В кн.: Рудничная аэрогазодинамика и безопасность горных работ. М.: Наука, 1964, с. 188—196.
  104. Научные основы борьбы с самовозгоранием углей. М.: Наука, 1964. 52 с. Совм. с Г. Л. Орлеанской, Е. А. Терпигосовой, Л. П. Виноградовой и Н. Д. Алексеевой.
  105. Угольные и графитные конструкционные материалы. М.: Наука, 1966. 226 с.
  106. Состояние и перспективы развития сырьевой базы графита СССР. М.: ВИМС, 1967. 34 с. (Экономика минер. сырья геол.-развед. работ; Вып. 9). Совм. с И. И. Мельниковым.
  107. Научные основы борьбы с самовозгоранием углей и руд. — Физ.-техн. пробл. разраб. полез. ископаемых, 1967, № 5, с. 25—35. Совм. с Л. П. Виноградовой, Г. Л. Орлеанской, Е. А. Терпигосовой и Н. Д. Алексеевой.
  108. Руководство для обоснования противопожарных профилактических мероприятий. М.: Ин-т горн. дела им. А. А. Скочинского, 1967. 50 с.
  109. Механизм действия антипирогенов. — Уголь, 1968, № 7, с. 39—43. Совм. с Н. Д. Алексеевой.
  110. Активация угля в результате нагревания. — Науч. сообщ. Ин-та горн. дела им. А. А. Скочинского, 1968, вып. 39, с. 92—97. Совм. с Е. А. Терпигосовой.
  111. Закономерности низкотемпературного окисления углей: Тез. Моск. общегор. семинара по химии углерода. М.: Ин-т горючих ископаемых, 1968. 6 с.
  112. Об углях и нефтях. — ХТТ, 1968, № 5, с. 60—68.
  113. Зависимость скорости сорбции кислорода углями от температуры. — Науч. сообщ. Ин-та горн. дела им. А. А. Скочинского, 1969, вып. 52, с. 107—114. Совм. с Г. Л. Орлеанской.

114. Начальная стадия окисления каменных и бурых углей. — ХТГ, 1971, № 5, с. 51—54.
115. Методическое руководство по прогнозу и профилактике самовозгорания угля. М.: Ин-т горн. дела им. А. А. Скочинского, 1971. 60 с. Совм. с Л. П. Виноградовой, Г. Л. Орлеанской и Е. А. Терпигосовой.
116. Физические основы самовозгорания угля и руд. М.: Наука, 1972. 147 с. Совм. с Л. П. Виноградовой, Г. Л. Орлеанской и Е. А. Терпигосовой.
117. Прогноз и профилактика рудничных пожаров. — Науч. сообщ. Ин-та горн. дела им. А. А. Скочинского, 1972, вып. 94, с. 113—117.
118. Методическое руководство по прогнозу самовозгорания пластов с учетом их газоносности. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1974. 52 с. Совм. с Л. П. Виноградовой, Г. Л. Орлеанской и Е. А. Терпигосовой.
119. Прогноз и профилактика эндогенных пожаров. М.: Наука, 1975. 159 с. Совм. с Л. П. Виноградовой, Г. Л. Орлеанской, Е. А. Терпигосовой, Л. В. Одиноквой и Л. Ф. Суховой.
120. Методическое руководство по прогнозу самовозгорания угольных пластов в зависимости от их газоносности. М.: Ин-т горного дела им. А. А. Скочинского, 1976. 31 с. Совм. с Л. П. Виноградовой, Г. Л. Орлеанской и Е. А. Терпигосовой.
121. А. с. 53813 (СССР). Способ получения искусственного графита. — Оpubл. в Б. И., 1938, № 9. Совм. с В. Н. Перцовым.
122. А. с. 57967 (СССР). Шахтная печь непрерывного действия для получения искусственного графита из антрацита. — Оpubл. в Б. И., 1940, № 9. Совм. с В. Н. Перцовым.
123. А. с. 63234 (СССР). Способ изготовления электроизоляционных пленок (из бентонита). — Оpubл. в Б. И., 1944, № 2. Совм. с З. В. Волковой.
124. А. с. 91867 (СССР). Способ определения склонности углей к самовозгоранию. — Оpubл. в Б. И., 1951, № 9. Совм. с Г. Л. Орлеанской.
125. А. с. 193140 (СССР). Способ приготовления индикатора для определения окиси углерода, этилена и его гомологов. — Оpubл. в Б. И., 1967, № 6. Совм. с Е. А. Терпигосовой.

## Оглавление

Предисловие . . . . .	5
Глава 1	
Начало жизненного пути . . . . .	7
Глава 2	
<b>Научная деятельность в 1930—1940-х годах . . . . .</b>	<b>14</b>
Основные направления научных исследований . . . . .	14
Исследования природного графита . . . . .	14
Получение искусственного графита . . . . .	19
Аморфный углерод . . . . .	26
Учение о дисперсной структуре . . . . .	29
Сорбция ионов металлов из растворов . . . . .	40
Война и первые послевоенные годы . . . . .	43
«Химическая природа горючих ископаемых» . . . . .	47
Последняя работа по графиту . . . . .	52
Глава 3	
<b>Разработка научных основ борьбы с самовозгоранием</b> <b>углей (1950—1970-е годы) . . . . .</b>	<b>58</b>
Проблема самовозгорания углей . . . . .	58
Создание методов определения склонности углей к самовозгоранию . . . . .	62
Теория самовозгорания горючих ископаемых . . . . .	69
Разработка методов профилактики и прогноза эндо- генных пожаров . . . . .	76
Последние годы жизни . . . . .	82
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>86</b>
Основные даты жизни и деятельности В. С. Веселов- ского . . . . .	89
Библиография трудов В. С. Веселовского . . . . .	90



*Н. В. Перцов  
А. Э. Петросян*

**Всеволод Степанович  
ВЕСЕЛОВСКИЙ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ВЫПУСКУ  
СЛЕДУЮЩАЯ КНИГА

Кузнецов В. П.  
Зайцева З. А.

**ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ.  
ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ**  
20 л.

(Темплан 1984 г. I квартал, № 156)

В монографии впервые рассмотрены пути, ведущие к интеграции химии и химической технологии — двух областей знаний, представляющих собой естественные науки, с одной стороны, и технические — с другой. Показано превращение химической технологии из прикладной дисциплины в высокоразвитую в теоретическом отношении область науки. Практическое значение монографии — в анализе методов решения сложнейшей проблемы масштабного перехода от лабораторного эксперимента к промышленным объектам, и на этой основе — в попытках определения тенденций развития химии и химической технологии.

Книга предназначена для химиков — ученых и инженерно-технических работников, а также для всех, кто интересуется историей науки.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13; 320093 Днепропетровск, проспект Ю. Гагарина, 24; 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95; 252030 Киев, ул. Пирогова, 4; 277012 Кишинев, проспект Ленина, 148; 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7; 220012 Минск, Ленинский проспект, 72; 117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12; 630090 Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22; 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6; 450059 Уфа, 59, ул. Р. Зорге, 10; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; 310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87.

Цена 55 коп.