

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  
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР  
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

доктор биол. наук *Л. Я. Бляхер*,  
доктор физ.-мат. наук *А. Т. Григорьян*,  
доктор физ.-мат. наук *Я. Г. Дорфман*,  
академик *Б. М. Кедров*,  
доктор эконом. наук *Б. Г. Кузнецов*,  
доктор хим. наук *В. И. Кузнецов*,  
доктор биол. наук *А. И. Купцов*,  
канд. истор. наук *Б. В. Левшин*,  
чл.-корр. АН СССР *С. Р. Микулинский*,  
доктор истор. наук *Д. В. Ознобишин*  
канд. техн. наук *З. К. Соколовская* (ученый секретарь),  
канд. техн. наук *В. Н. Сокольский*,  
доктор хим. наук *Ю. И. Соловьев*,  
канд. техн. наук *А. С. Федоров* (зам. председателя),  
канд. техн. наук *А. И. Федосеев*,  
доктор хим. наук *Н. А. Физуровский* (зам. председателя),  
доктор техн. наук *А. А. Чеканов*,  
доктор техн. наук *С. В. Шухардин*,  
доктор физ.-мат. наук *А. П. Юшкевич*,  
академик *А. Л. Яншин* (председатель),  
доктор психол. наук *М. Г. Ярошевский*.

**А. П. РАТЬКИНА**

**Михаил Михайлович  
ПРОТОДЬЯКОНОВ**

1874 — 1930



---

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»**

**МОСКВА**

**1974**

В книге рассказывается о жизни, научной, педагогической и общественной деятельности крупнейшего советского ученого-горняка Михаила Михайловича Протодьяконова. Излагается сущность его трудов и наиболее важные из достигнутых результатов.

При подготовке книги к печати автор использовал обширный архивный материал и воспоминания родных и учеников М. М. Протодьяконова.

Ответственный редактор

Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,  
доктор технических наук, профессор  
М. М. ПРОТОДЬЯКОНОВ (младший)

С горным делом связана научная деятельность многих наших выдающихся ученых. В плеяде этих славных людей видное место принадлежит профессору Михаилу Михайловичу Протодьяконову — одному из основоположников горной науки.

Ученый и инженер, профессор и общественный деятель, человек широкого диапазона интересов — таким показан Михаил Михайлович Протодьяконов на страницах книги А. П. Ратькиной.

М. М. Протодьяконов внес весьма существенный вклад в развитие отечественной горной науки. Его работы принесли большую пользу не только советской горнодобывающей промышленности. Его шкалой коэффициентов крепости горных пород до сих пор пользуются на шахтах и рудниках как в нашей стране, так и за рубежом.

Книга А. П. Ратькиной, воссоздающая образ талантливого ученого и выдающегося педагога, будет полезна всем, интересующимся историей горной науки.

*М. М. Протодьяконов (младший)*

*Народ помнит имена людей,  
бескорыстно служащих свое-  
му делу, делу родины...*

*акад. А. М. Терпигорев*

## Предисловие

4 октября 1974 г. исполняется 100 лет со дня рождения Михаила Михайловича Протодьяконова — ученого-горняка, неутомимого труженика, горячего патриота нашей Родины. М. М. Протодьяконов одним из первых в мировой горной науке отказался от описательных характеристик горных пород, заменив их классификацией с помощью коэффициентов крепости горных пород. Заслуга Михаила Михайловича и в том, что им впервые разработана теория давления горных пород, которая послужила началом серии исследований как в нашей стране, так и за рубежом. Изучение законов давления горных пород дало возможность ученому построить на их основе важнейшие расчеты рудничного крепления, составить методику аналитического определения размера крепи. (Этого в рудничной практике никто до него не делал.) Михаил Михайлович разработал расчет проветривания рудников.

М. М. Протодьяконов известен и как основоположник научного технического нормирования в горной промышленности. Он вывел определенную функциональную зависимость производительности горнорабочего от условий крепости пород, угла падения, размеров выработки, продолжительности рабочего дня и пр. и разработал специальный метод исследования — статистический. Предложенная им методология нормировочной работы не утратила своего значения и в наши дни.

В основу настоящей книги легло изучение трудов М. М. Протодьяконова, а также материалов государствен-

ных архивов и личного архива ученого, касающихся его жизни и научного наследия; его научных дневников, воспоминаний близких людей, родных и учеников. В книге рассмотрены только те области горных знаний, которые непосредственно связаны с деятельностью и творчеством М. М. Протодяконова.

Автор приносит благодарность доктору технических наук М. М. Протодяконову (младшему) за предоставление материалов и фотографий из личного архива его отца, консультации в процессе работы над книгой и последующее ее редактирование, доктору технических наук, профессору С. В. Шухардину за ценные замечания при просмотре рукописи, безусловно, содействовавшие ее улучшению, В. К. Алексеевой за предоставление материалов из личного архива, касающихся семьи Протодяконовых, члену-корреспонденту АН СССР Н. А. Чинакалу и доктору технических наук, профессору Я. А. Дорману — ученикам М. М. Протодяконова, поделившимися воспоминаниями о своем учителе, кандидату экономических наук Н. Н. Неязову за помощь в работе.

# Жизненный путь

---

## Ранние годы

Михаил Михайлович Протодяконов родился 4 октября (22 сентября по ст. ст.) 1874 года в г. Оренбурге. Отец его Михаил Акимович (1846—1917), по профессии педагог, в ту пору заведовал ремесленным училищем в Оренбурге. Начальником и попечителем Оренбургского учебного округа был составитель толкового словаря Владимир Иванович Даль, которому Михаил Акимович непосредственно подчинялся. В своих воспоминаниях Михаил Акимович писал: «В. И. Даль... напутствовал своими личными указаниями и наставлениями: «рекомендую не вести дело просвещения народных училищ так, как придется, а составить определенный план и выработать систему борьбы с народным невежеством и темнотою, как полководцу на поле боя»<sup>1</sup>. Этими указаниями Михаил Акимович руководствовался во всей своей дальнейшей работе.

Михаил Акимович был разносторонне одаренным человеком: увлекался музыкой, писал стихи, рисовал. Одаренность передалась и его детям. Сын Михаил очень хорошо рисовал, любил музыку (играл на фортепьяно, мандолине, гитаре) и писал стихи. Сын Анатолий (1882—1939) прекрасно рисовал, увлекался скульптурой и обладал очень приятным голосом. (Анатолий Михайлович до Великой Октябрьской социалистической революции был офицером, участвовал в Русско-Японской войне, после революции работал военным инженером-строителем.)

В семье было еще трое детей: Лидия Михайловна (1878—1919), Елена Михайловна (1885—1917) и Мстислав Михайлович (1892—1968). Мстислав Михайлович

---

<sup>1</sup> Архив В. К. Алексеевой (родственницы М. М. Протодяконова).





*Портрет отца  
М. М. Протодьяконова*

являлся профессором Ленинградского института железнодорожного транспорта.

Мать Михаила Михайловича Лидия Васильевна, урожденная Киркина (1851—1919), также педагог, была женщиной энергичной, широко образованной. Многие черты ее характера унаследовал старший сын Михаил Михайлович.

В конце 1881 г. Михаил Акимович Протодьяконов получил назначение на должность инспектора народных училищ в Нижний Тагил, в округ, в ведении которого находилось 67 народных училищ. В 80-е годы прошлого века этот город являлся одним из центров горнозаводской промышленности. (Здесь у будущего ученого впервые зародилась любовь к горному делу, которая и определила весь его дальнейший творческий путь.)

Несмотря на большое промышленное значение, в Нижнем Тагиле в то время не было даже средних учебных заведений. Поэтому весной 1883 г. юного Михаила отдали в подготовительный класс Екатеринбургской граждан-



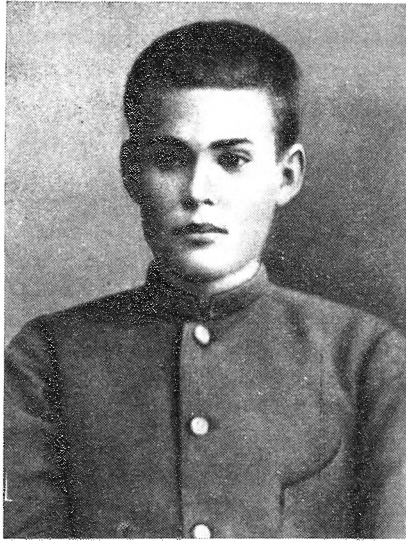
*Портрет матери  
М. М. Протодьяконова*

ской гимназии. Так как семья Протодьяконовых находилась в Нижнем Тагиле, его определили «на хлеба сначала в пансионе гимназическом, а потом в семейство гимназического священника отца Василия Гашаского с платою по 25 рублей в месяц»<sup>2</sup>.

Забываясь о воспитании детей, Михаил Акимович Протодьяконов вынужден был оставить должность инспектора народных училищ в Нижнем Тагиле и переехать с семьей сначала в Златоуст, а несколько позже — в Екатеринбург, где в те годы уже были мужская и женская гимназии. С переездом семьи в Златоуст Михаила для завершения среднего образования перевели в Уфимскую классическую гимназию. Здесь он отлично успевал, успешно сочетая учебу с активным участием в общественной жизни: заведовал гимназической метеорологической станцией, выступал с научными докладами на гимназических кружках.

---

<sup>2</sup> Архив М. М. Протодьяконова (младшего).



*М. М. Протодяконов-гимназист  
(1893 г.)*

С детства Михаил отличался слабым здоровьем и страдал тяжелым недугом — искривлением позвоночника, явившимся, как писал в своих воспоминаниях Михаил Акимович, результатом несчастного случая — падения и ушиба спины. Это было причиной его постоянных физических и душевных мук. Однако болезнь никогда не отражалась на учебе юного Протодяконова. Его блестящие способности восхищали не только соучеников, но и учителей. Весной 1893 г. Михаил окончил гимназию, но золотой медали не получил, так как на выпускном экзамене неожиданно спутал оду Державина с одой Ломоносова, к трудам которого проявлял большой интерес [1]. Осенью того же года он поступил в Петербургский университет на математическое отделение физико-математического факультета. Однако, проучившись год и перейдя на следующий курс, Михаил осенью 1894 г. выдержал конкурсные экзамены в Петербургский горный институт и со второго курса был зачислен его стипендиатом.

## Петербургский горный институт. Начало трудовой деятельности

Специальное горное учебное заведение, называвшееся Горным училищем, было учреждено в Петербурге Сенатом в октябре 1773 г. В его стенах должны были воспитываться и получать образование русские горные инженеры, будущие руководители и организаторы горной промышленности — казенных горных заводов, рудников, шахт и приисков. В 1804 г. училище было преобразовано в Кадетский горный корпус, а в 1834 г. — в Институт корпуса горных инженеров. Вначале это было закрытое военное заведение. В 1866 г. в связи с новыми условиями и развитием частной горной промышленности Институт корпуса горных инженеров был переименован в Горный институт и стал открытым высшим учебным заведением [2].

К концу XIX в. Петербургский горный институт был единственным в стране обеспечивавшим промышленные предприятия высококвалифицированными горными инженерами и металлургами. Кроме того, Петербургский горный институт был признанным центром горной науки [3]. В 1817 г. при Горном институте было создано Минералогическое общество, которое объединило представителей геологических наук.

Руководящая роль Петербургского горного института в науке определялась тем, что еще в 1825 г. при нем был создан Горный комитет по горной и соляной части, основной задачей которого было издание «Горного журнала»<sup>3</sup> и рассмотрение планов развития горнозаводского дела в стране. Впоследствии комитет был переименован в Горный ученый комитет. Теперь он стал выполнять прежде всего функции научно-технического совета при Министерстве государственных имуществ на правах высшего учреждения, осуществлявшего техническую политику в горной и металлургической промышленности России. Вопросы издания журнала отошли на второй план.

Фундаментально поставленное преподавание с привлечением опытного профессорского состава и расширение прав Ученого совета института в организации учебного

<sup>3</sup> Первоначально журнал назывался «Горный журнал, или собрание сведений о горном и соляном деле, с присовокуплением новых открытий по наукам, к сему предмету относящимся».

процесса создали условия для подготовки высокообразованных химиков, геологов, инженеров горного дела и металлургии, из которых многие впоследствии стали крупнейшими учеными и специалистами на производстве.

В конце XIX в. профессорско-преподавательский состав Петербургского горного института формировался в основном из его же выпускников. Здесь читали лекции крупнейшие ученые, известные не только в России, но и далеко за ее пределами: геологи А. П. Карпинский и А. А. Борисяк, минералоги-кристаллографы Е. С. Федоров и П. В. Еремеев, палеонтолог В. И. Мёллер, химики В. Ф. Алексеев и Н. С. Курнаков, крупные деятели горного дела Н. А. Кулибин, Г. Д. Романовский, И. А. Тиме, Н. А. Иосса, Н. Д. Коцовский и др.

Возглавлял институт член-корреспондент Российской Академии наук, профессор Валериан Иванович Мёллер, крупный геолог и палеонтолог, разработавший общепринятое в мировой геологической науке стратиграфическое деление отложений карбона. Инспекторами института были члены Горного ученого комитета Николай Александрович Иосса и Апполон Михайлович Лоранский. В состав Ученого совета института, секретарем которого был профессор Николай Семенович Курнаков, входили заслуженные профессора: Петр Алексеевич Олышев, крупный специалист по горной механике и маркшейдерии; Георгий Августович Тиме — по кафедре высшей математики и аналитической механики; академик Павел Владимирович Еремеев — по кафедре кристаллографии и минералогии; Иван Августович Тиме — по кафедре прикладной и горной механики; Александр Петрович Карпинский — по кафедре геологии, геогнозии и рудных месторождений [4].

Профессором по кафедре горного и маркшейдерского искусства был Г. Д. Романовский, по кафедре металлургии и пробирного искусства — Н. А. Иосса, по кафедре палеонтологии — И. И. Лагузен, по кафедре аналитической химии — В. Ф. Алексеев, по кафедре общей химии — Н. С. Курнаков.

Адъюнктами числились: И. В. Мушкетов — по кафедре геологии, геогнозии и рудных месторождений; Н. Д. Коцовский — по кафедре горного и маркшейдерского искусства; В. Н. Липин — по кафедре металлургии, галургии и пробирного искусства; И. Ф. Шредер — по кафедре химии;

Г. Г. Лебедев — по кафедре кристаллографии и минералогии и А. П. Кондратьев — по кафедре прикладной механики.

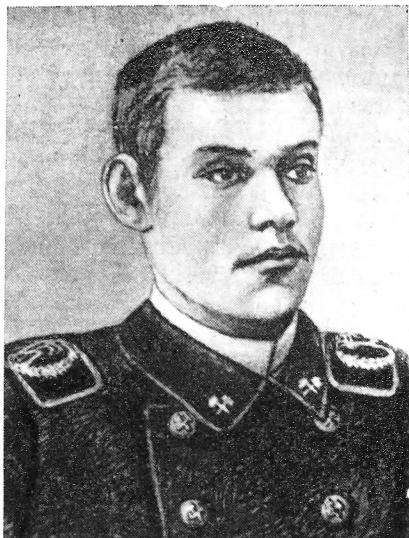
Профессора и преподаватели института были связаны с Горным советом министерства — три профессора входили в его состав. Еще более тесная связь была с Горным учебным комитетом, куда входило девять профессоров. Кроме того, в штате института были два академика и один член-корреспондент Академии наук.

Среди профессоров и преподавателей Горного института были распространены демократические настроения. В конце XIX — начале XX в. либерально-демократическую группу, объединявшую преподавателей и студентов, возглавляли профессор Леонид Иванович Лутугин и Владимир Иванович Бауман. Еще во время обучения в Горном институте Л. И. Лутугин принимал самое активное участие в студенческих движениях 80-х годов, был членом легальных и нелегальных студенческих организаций. Став профессором, он продолжал общественно-политическую работу, оказывая большое влияние на формирование мировоззрения студенческой молодежи и преподавательского состава. Естественно, это вызывало настороженное отношение царских властей. Не случайно поэтому при приеме на первый курс Горного института от будущего студента требовали подписать стандартную форму-обязательство, гласившую: «Согласно приказанию г. министра земледелия и государственных имуществ, я, нижеподписавшийся, даю сию подписку в том, что в бытность свою студентом Горного института не буду принимать участия ни в каких сообществах, как, например, землячествах и т. п., равно как не буду вступать даже в дозволенные законом общества без разрешения на то, в каждом отдельном случае, начальства Горного института»<sup>4</sup>.

Демократические настроения, господствовавшие в институте, повлияли и на Михаила Михайловича Протодьяконова. Он стал членом Пермского студенческого землячества, объединявшего студентов — выходцев с Урала и приуральских губерний. Это землячество помогало своим

---

<sup>4</sup> ГИАЛО, ф. 963, д. 13598, л. 2.



*Автопортрет М. М. Протодьяконова  
(1895 г.)*

членам подыскивать работу и выдавало небольшие ссуды остро нуждающимся. В землячестве Михаил Михайлович подружился со студентом по фамилии Трынка. Вместе они начали заниматься сочинением юмористических и сатирических рассказов, которые в студенческих кругах пользовались большим успехом.

В 90-х годах XIX в. в среде петербургского студенчества стали возникать социал-демократические кружки. Протодьяконов являлся активным членом одного из них. Он прятал у себя социал-демократические прокламации, был непременным участником студенческих выступлений, входил в состав «троек», руководивших забастовками.

Студенческие годы в Петербурге проходили для Михаила Михайловича в условиях материальных невзгод. К тому времени уже подросли младшие братья и сестры, им надо было учиться, а денег в семье не хватало. Михаилу Михайловичу пришлось искать дополнительный источник доходов от частных уроков и переводных работ, которые оплачивались весьма низко.

Весной 1899 г. Михаил Михайлович окончил Горный институт. Через три дня после сдачи экзаменов он был арестован и привлечен по подозрению в причастности к социал-демократическим организациям. С мая до конца ноября 1899 г. он пробыл в доме предварительного заключения. И хотя дело было прекращено за неимением улик, доступ к государственной службе, а тем более к научной деятельности, был закрыт на два года.

После выхода в отставку отца вся семья окончательно переселилась в Оренбург. В январе 1900 г. Михаил Михайлович поступил на службу в частное предприятие на серебро-свинцовые рудники Терского горнопромышленного общества (Северный Кавказ) на должность заведующего отделом<sup>5</sup>. Здесь он проявил большие инженерные способности, стал быстро продвигаться по службе и уже через два года заведовал всеми делами общества. В течение последующих двух лет Михаил Михайлович руководил подготовкой к эксплуатации и разработкой 12 серебро-свинцовых рудников, осуществлял строительство крупной обогатительной фабрики в Фаснале, проводил гидротехнические работы на реке Сенгури-Донт для турбинных установок [5].

Четыре года работы на ответственных технических и административных должностях выявили незаурядные организаторские способности Михаила Михайловича, его умение дать практическое применение теоретическим знаниям. Предприятия Терского горнопромышленного общества за годы, когда техническое руководство ими осуществлял молодой горный инженер Михаил Михайлович Протоdjаконов, достигли значительных производственных успехов. Однако, как писал академик А. М. Терпигорев, «практическая работа при его (М. М. Протоdjаконова.— А. Р.) аналитическом складе ума не могла дать ему удовлетворения, и он стал искать другое приложение своим творческим начинаниям» [6, стр. 2].

В 1904 г. Терское горнопромышленное общество прекратило свою деятельность. М. М. Протоdjаконов, с которого к тому времени был снят полицейский надзор, без сожаления оставил высокооплачиваемую должность и направился в Екатеринослав (ныне Днепропетровск). Здесь он поступил на скромную, но близкую его душев-

---

<sup>5</sup> ЦГА УзССР, ф. 368, оп. 1, д. 152, лл. 1—2.



ным стремлениям, должность ассистента на кафедре горного искусства в Екатеринославском высшем горном училище (впоследствии Днепропетровский горный институт им. Артема). Давняя мечта о научной работе, об исследованиях в разных областях горного дела сбылась.

### **Научная, педагогическая и общественная деятельность**

12 октября 1899 г. в Екатеринославе было открыто второе в России (после Петербургского горного института) высшее горное учебное заведение — Екатеринославское высшее горное училище [7]. Вопрос об организации на Юге России втуза для подготовки специалистов горного и металлургического профиля ставился неоднократно. К тому времени в крупнейшем угольном бассейне, Донбассе, существовали только две штейгерские школы — в Лисичанске и Горловке, а быстрое развитие южнорусской горной и металлургической промышленности требовало увеличения инженерных и технических кадров.

Горнопромышленники Юга России и контора горнозаводчиков выступили с предложением организовать в Екатеринославе среднетехническую школу с горным и металлургическим отделениями. Екатеринослав более всего подходил для создания такого учебного заведения. Во-первых, он являлся центром большого по сырьевым ресурсам и металлургическому производству района. Вокруг него расположены Донецкий бассейн с развитой каменноугольной промышленностью и несколькими металлургическими заводами; Криворожский железорудный район; месторождения бурого угля и строительных материалов; Никопольмарганцевый район; месторождения каменной соли (Бахмут), ртути, известняков, доломитов; богатый ископаемыми и залежами соли Крымский полуостров. Во-вторых, Екатеринослав со всех сторон был окружен металлургическими заводами и крупными предприятиями по металлообработке.

Ходатайствовала об открытии Высшего горного училища в Екатеринославе и городская дума, которая обязалась ассигновать на строительство училища 200 тыс. рублей и безвозмездно предоставить участок земли для

возведения здания училища. Это ходатайство поддержали промышленники и местное земство [8].

В 1898 г. Министерство земледелия и государственных имуществ разработало положение о Екатеринославском высшем горном училище, а также его план и штаты. Решение об открытии училища было вынесено в середине 1899 г., а 12 октября оно открыло двери для студентов. Занятия начались во временном помещении бывшего Потемкинского дворца. Училище имело два отделения: горное и заводское в соответствии с двумя основными отраслями промышленности Юга России — горной и металлургической [8].

Согласно утвержденному положению, в училище первоначально был установлен срок обучения в 3 года и оно могло выпускать только горных техников. По ходатайству студентов и совета училища 12 мая 1903 г. было принято и утверждено предложение Государственного совета о расширении курса обучения в Екатеринославском высшем горном училище до четырех лет с присвоением оканчивающим звания рудничного инженера или инженера-металлурга <sup>6</sup>.

В числе профессоров и штатных преподавателей Высшего горного училища были выдающиеся металлурги — М. А. Павлов и П. Г. Рубин, химики — В. В. Курилов и В. Я. Бурдаков, механики — Я. И. Грдина и М. М. Федоров, горняки — А. М. Терпигорев и В. А. Гуськов, маркшейдеры — П. К. Соболевский и П. М. Леонтовский, геолог и палеонтолог Донбасса Н. И. Лебедев и др. Первым директором училища был горный инженер Сергей Николаевич Сучков.

В 1903 г. состоялся первый выпуск окончивших Екатеринославское высшее горное училище.

С 1 августа 1904 г. Михаил Михайлович был назначен ассистентом по горному искусству [9]. Кафедрой горного искусства в училище в то время заведовал профессор, впоследствии академик АН СССР, Александр Митрофанович Терпигорев. В нем Михаил Михайлович нашел не только замечательного учителя, но и друга. «Зная Михаила Михайловича со школьной скамьи, зная его богатый практический опыт, я с большой охотой рекомен-

---

<sup>6</sup> ЦГИА в г. Ленинграде, ф. 37, оп. 61, д. 2012. Журнал высочайших повелений и Горного совета.

додал его в ассистенты»,— писал А. М. Терпигорев [6, стр. 2].

Перейдя на научную работу, Михаил Михайлович прежде всего привел в порядок собранный им на рудниках материал, обработал его и напечатал в виде отдельных статей: «Горные речки центральной части Северного Кавказа и некоторые особенности эксплуатации их энергии» [10]; «К вопросу об определении оруднения жильных месторождений» [11]; «Фаснальская рудообогатительная фабрика» [12]; «Серебро-свинцовые рудники Терского горнопромышленного акционерного общества» [13]; «О некоторых попытках применения математики к горному искусству» [14].

Занимаясь научными исследованиями в Екатеринославском горном училище, М. М. Протодьяконов стремился познать основные законы горного дела, способные превратить его из искусства в науку. И темой его будущей диссертации явилось именно изучение законов давления горных пород и построение на их основе впервые в рудничной практике важнейшего расчета крепления. Протодьяконов разработал расчет проветривания рудников, сделав его настолько технически простым, что любой горняк без затруднений мог выполнить его.

Кроме обычной ассистентской работы и подготовки к профессуре, Михаил Михайлович особенно много времени и внимания уделял руководству дипломными проектами студентов, ярко проявив свои способности педагога и исследователя.

В ноябре 1905 г. Совет Екатеринославского высшего горного училища по просьбе А. М. Терпигорева командировал М. М. Протодьяконова на два месяца в Германию, Австрию, Италию и Испанию для совершенствования в горном искусстве путем осмотра рудников и обогатительных фабрик. Поскольку средств для покрытия расходов по командировке выделено не было, Михаилу Михайловичу пришлось ехать на свои собственные, весьма скромные доходы. Однако зарубежная поездка не оправдала его ожиданий. Ознакомившись с организацией работ на многих горных предприятиях, Михаил Михайлович убедился, что в Западной Европе, так же как и в России, в горном деле господствовал грубый эмпиризм и что к горному делу там подходили лишь как к горному искусству. Вместе с тем он заметил превосходство

стран Западной Европы перед Россией в деле разработки свинцово-рудных месторождений, на которых он главным образом сосредоточил свое внимание. Отчет о командировке Михаил Михайлович облек в форму статьи под названием «Условия свинцово-рудного дела за границей и сравнение их с русскими» [15]. «Занимаясь по прежней службе моей свинцово-рудным делом и знакомясь с историей его в России,— писал Протодяконов,— я был поражен какой-то удивительной нежизнеспособностью его у нас. Несмотря на долголетнее (свыше 200 лет) существование, массу затраченных усилий и денег, неоднократные старания правительства как-нибудь поднять его, положение его в настоящее время самое плачевное и буквально ни одно из многочисленных предприятий так и не встало на ноги. Подавляющее большинство их давно закрыто, а немногие оставшиеся едва существуют... Нам кажется, что свинцовое дело в России тогда пойдет, когда около рудников пройдут железные дороги и разовьется местный сбыт не только главных, но и побочных продуктов» [15, стр. 1].

Вернувшись из командировки, М. М. Протодяконов возобновил свою научно-педагогическую деятельность в Екатеринославском высшем горном училище. После двух лет упорного труда и научных исследований он представил в Ученый совет Петербургского горного института<sup>7</sup> диссертацию на тему: «Давление горных пород на рудничную крепь» [17]. Защита диссертации на степень адъюнкта горного искусства, состоявшаяся 27 января 1908 г., как и предшествовавшие ей две пробные лекции, прочитанные Михаилом Михайловичем на темы: «Современные теории мокрой осадки руд» и «Выделение цинковой обманки при сложной смеси руд», были проведены блестяще. Ученый совет единогласным голосованием признал защиту удовлетворительной, хотя сам Михаил Михайлович с его высокой требовательностью к себе защитой и особенно лекциями остался недоволен. «Именно потому, что я усиленно готовился к этим лекциям, они получились бледными, неудовлетворительными. Мною замечено, что если я к лекциям специально не готовлюсь,

<sup>7</sup> Екатеринославское высшее горное училище (с 1912 г. Горный институт) до 1918 г. не имело права присуждения ученых степеней. Все диссертации горного профиля принимались к защите только в Петербургском горном институте [16].



*М. М. Протодяконов —  
профессор Екатеринославского  
высшего горного училища  
(1908, г.)*

они получают оригинальней, содержательней и красочней», — писал он в дневнике <sup>8</sup>.

После защиты диссертации Протодяконов хотел остаться в Петербургском горном институте, чтобы заняться научной работой и преподаванием. Однако его желание не было удовлетворено. Кастовая замкнутость тогдашней профессуры не допускала проникновения в это учебное заведение лиц со стороны, хотя бы таковые и отличались научными дарованиями [4].

Михаил Михайлович вернулся в Екатеринослав, где очень тепло был встречен профессорами, преподавателями и студентами. 2 мая 1908 г. Ученый совет Екатеринославского высшего горного училища единогласно избрал, а 12 мая состоялось утверждение Протодяконова экстраординарным профессором по кафедре горного искусства [18, стр. 13]. Вчерашний ассистент сразу стал

<sup>8</sup> Архив М. М. Протодяконова (младшего).

профессором. Случай, несомненно, редкий в практике восхождения по научной лестнице.

Заняв должность экстраординарного профессора, Протодьяконов взял на себя чтение лекций по креплению горных выработок, вел практические занятия по этому курсу, осуществлял руководство окончательными проектами по горному искусству для студентов горного отделения и читал весь курс горного искусства студентам заводского отделения. Кроме того, совместно с профессорами А. М. Терпигоревым и В. А. Гуськовым Михаил Михайлович просматривал отчеты студентов о летней практике [19]. Именно в это время Протодьяконов столкнулся с неразработанностью рациональных расчетов в горном искусстве, что и определило дальнейшее направление его научной деятельности.

В статье «О некоторых попытках применения математики к горному искусству» Михаил Михайлович не ставил задачу входить подробно в разработку таких весьма существенных при проектировании и закладке каждого рудника вопросов, как определение выгодности того или иного способа вскрытия месторождений полезных ископаемых. Здесь он дал критический анализ статей некоторых авторов, главным образом профессора Б. И. Бокия, пытавшихся ввести математическую определенность в правила горного искусства и указал на погрешности и неточности, допущенные в статьях.

В 1908 г. Михаил Михайлович напечатал в «Известиях Екатеринославского высшего горного училища» сокращенный вариант своей диссертации «Давление горных пород на рудничную крепь» [20]. В следующем году его статья на эту же тему печатается на страницах «Горного журнала» [21]. Пытливый ум Михаила Михайловича ищет и находит объяснение причин наблюдавшихся колебаний производительности забойщика в зависимости от горно-геологических условий залегания угольного пласта. Об этом он пишет обширную статью, которая публикуется в «Горном журнале» [22].

Являясь членом Ученого совета ЕВГУ, Михаил Михайлович был избран 2 октября 1909 г. сроком на 3 года секретарем совета, а 27 ноября — утвержден ординарным профессором по кафедре горного искусства [19, стр. 11].

На открытой летом 1910 г. Южно-русской областной сельскохозяйственной, промышленной и кустарной выстав-



*М. М. Протоdjяконов, А. А. Скочинский, В. И. Бокй  
и А. М. Терпигорев (1912 г.)*

ке в Екатеринославе Михаил Михайлович был председателем экспертной комиссии по горному делу [23].

В сентябре 1910 г. в помещении Екатеринославского высшего горного училища проходил I Всероссийский съезд по горному делу, металлургии и машиностроению. М. М. Протоdjяконов сделал доклады: «Крепость горных пород с точки зрения горного искусства» и «Производительность забойщика по углю», которые были напечатаны в трудах съезда [24, 25].

В декабре 1910 г. Совет XXXV съезда горнопромышленников Юга России [3] вынес решение об издании многотомного капитального труда с описанием гор-

ных и горнозаводских предприятий Юга России. Основной целью такого издания являлось ознакомление широкого круга инженерно-технического состава с техникой и хозяйством на рудниках Донбасса и передача опыта, накопленного отдельными шахтами, другим, не имеющим такового. Кроме того, ставилась задача исключения дублирования в изобретении уже известных технических средств. Необходимо было предупредить «пестроту и разнообразие в различных сооружениях на шахтах, не оправдываемую разнообразием условий»<sup>9</sup>.

М. М. Протодьяконов принял активное участие в создании труда, который был назван «Описание Донецкого бассейна». Собрав огромный материал в Донбассе и детально изучив состояние и постановку техники на рудниках, Михаил Михайлович приступил к составлению двух томов монографии. Первый выпуск первого тома — «Проходка шахт и квершлагов» [26] увидел свет в 1914 г., второй выпуск первого тома — «Крепление шахт и квершлагов» [27] вышел в 1916 г. Эти две книги, содержащие около 70 печатных листов длительное время были настольными для специалистов при решении вопросов, связанных с горными работами. Михаил Михайлович дал не только критический анализ всех способов проведения и крепления горных выработок, а также применяемого при этом оборудования, но и составил расчетные формулы для определения основных показателей, характеризующих стоимость и скорость проведения выработок. Этот труд, а также статистические данные, собранные в последующие годы, Михаил Михайлович использовал для составления капитальной работы, которую озаглавил: «Материалы для Урочного Положения горных работ».

Ученого интересовало буквально все. Появившиеся в первом десятилетии XX в. пневматические бурильные молотки привлекли его внимание, и в 1910 г. он описал их конструкцию и способы применения на страницах журнала «Горнозаводское дело» [28, 29].

В 1911 г. вышел в свет обширный труд М. М. Протодьяконова «Курс проветривания рудников» с приложением специального атласа [30]. В последующие годы «Курс» переиздавался еще четыре раза.

---

<sup>9</sup> Из вводного слова председателя Совета XXXV съезда горнопромышленников Юга России [26].



В 1912—1916 гг. Михаил Михайлович печатает ряд статей об опытных исследованиях законов горного давления [31, 33], о бурении шпуров [32] и др.

В эти же годы М. М. Протождяконов принимает деятельное участие в работе различных комиссий и съездов: летом 1911 г. — в комиссии Министерства торговли и промышленности по систематическому изучению рудников Донецкого бассейна; зимой 1911—1912 гг. — в работе съезда по прикладной геологии в Петербурге (доклад «К вопросу о давлении сыпучих пород»); летом 1912 г. — в Комиссии по обследованию рудников Донецкого бассейна в отношении гремучего газа и пыли; в апреле 1913 г. — в работе II Всероссийского съезда по горному делу, металлургии и машиностроению в Петербурге (доклад «О бурении шпуров в Донецком бассейне») [5].

Увлеченный научной работой и общественной деятельностью, Михаил Михайлович мало уделял внимания своему здоровью. Его состояние с каждым годом все более ухудшалось. В 1913 г. он вынужден был отклонить предложение Министерства торговли и промышленности принять участие в правительственной комиссии по обследованию шахт Донбасса и на время летнего отпуска отправился в Оренбург к родителям. Но отдыхать ему не пришлось. Приехав в Оренбург, он получил категорическое предписание министра торговли и промышленности немедленно включиться в работу правительственной комиссии. При очень плохом самочувствии Михаил Михайлович прервал отпуск и отправился в Донбасс.

Эта командировка весьма отрицательно сказалась на здоровье Михаила Михайловича. Он стал чувствовать себя еще хуже, быстро уставал. Угнетающее впечатление производили условия жизни дореволюционных горнорабочих — полные антисанитарии жилища, тяжелые и опасные для жизни условия труда.

В начале 1914 г. педагогическая деятельность Михаила Михайловича была прервана вследствие тяжелой болезни — туберкулеза позвоночника и полупаралича ног. В феврале 1914 г. после поездки в Харьков на консультацию к профессору Тринклеру [5] Михаил Михайлович по совету врачей был увезен в Ялту, однако пробыл там лишь до мая, так как крымский климат не оказал благоприятного влияния на ход лечения его болезни. В мае Михаила Михайловича перевезли в Оренбург, а в октяб-



ре, когда ему стало несколько легче, с женой Зоей Николаевной, сыном и дочерью он направился в Ташкент, сухой и жаркий климат которого мог, по мнению врачей, способствовать выздоровлению.

Итак, в связи со сложившимися обстоятельствами, педагогическую работу Михаилу Михайловичу пришлось прервать. Он вынужден был подать прошение об освобождении его от занимаемой должности ординарного профессора в Екатеринославском горном институте. Прошение было удовлетворено. «Высочайшим приказом по ведомству Министерства торговли и промышленности по Горному управлению от 23 февраля 1915 г. № 9 уволен согласно прошению от службы по болезни с 1 ноября 1914 г. По сообщению Министерства торговли и промышленности, изложенному в отношении от 16 апреля 1915 г. за № 7992, М. М. Протоdjяконову назначена на основании пенсионного устава пенсия в 2000 (две тысячи) рублей в год с производством ее с 1 ноября 1914 г.»<sup>10</sup>.

Будучи прикован к постели, Михаил Михайлович, однако, не прекращал своей научной работы. Большую помощь в работе оказывала Михаилу Михайловичу Зоя Николаевна. Он диктовал ей высказывания по различным научным проблемам, с ее же помощью систематизировал записи и литературно оформлял свои научные работы. Именно в эти тяжелые годы Михаил Михайлович подготовил к печати второй выпуск первого тома «Описание Донецкого бассейна» и написал ряд статей по вопросам горного давления и теории расчета деревянной рудничной крепи [33, 34].

Михаилу Михайловичу приходилось испытывать большие материальные затруднения. Маленькая пенсия, подкрепляемая небольшим литературным заработком, обеспечивала лишь весьма скудный прожиточный минимум для семьи, состоящей из пяти человек (на воспитание был

---

<sup>10</sup> Днепропетровский облгосархив, ф. 319, д. № 179-а Выписка из формулярного списка о службе.

---

←Группа деятелей горного дела в г. Юзовке (ныне г. Донецк)  
Слева направо в первом ряду: А. А. Скочинский, В. И. Бокий,  
С. Н. Сучков, И. В. Хованский, Н. Н. Селянинов, А. А. Свицын,  
А. М. Терпигорев.

Во втором ряду первый слева М. М. Протоdjяконов. (1912 г.)

взят также племянник, оставшийся сиротой). Однако Михаил Михайлович всегда готов был прийти на помощь людям, попавшим в трудное положение. Как пишет А. А. Зворыкин: «...в течение нескольких лет М. М. Протоdjяконов оказывал материальную помощь семье Я. М. Свердлова, когда он находился в ссылке» [35, стр. 649].

Великая Октябрьская социалистическая революция была встречена Михаилом Михайловичем с большой радостью. Давняя мечта об освобождении народа из-под ига царизма осуществилась. Новая жизнь ставила и новые задачи. Михаил Михайлович не мог стоять в стороне, он стремился принять активное участие в строительстве молодого социалистического государства.

Постепенно тяжелая болезнь начала отступать, хотя выздоровление шло очень медленно. Появилась возможность передвигаться.

В начале 1918 г. Михаил Михайлович выступил с предложением об организации Туркестанского народного университета. Его предложение было поддержано, и в декабре 1918 г. университет был образован. Михаил Михайлович снова поступил на службу. Он возглавил техническую секцию Туркестанского горного отдела (Директории по топливу), а также начал читать лекции по геологии на сельскохозяйственном факультете Туркестанского народного университета. Но Михаилу Михайловичу с его кипучей энергией и прекрасными организаторскими способностями этого было мало. Весной 1919 г. он создал в Ташкенте курсы горных десятников, преподавал геологию на курсах экскурсионных учителей, а с осени 1919 г. — на военно-топографических курсах. Все эти курсы широко были известны среди горняков как «протоdjяконовские» [35].

Главная цель деятельности Михаила Михайловича в этот период — развитие горного образования, создание в Туркестане кадров квалифицированных горняков, которые могли бы эффективно эксплуатировать природные богатства, заключенные в недрах Средней Азии.

В то же время не прерывалась связь Михаила Михайловича с горной промышленностью Туркестана. Заменяв заведование технической секцией Туркестанского горного отдела консультантством, Михаил Михайлович все время принимал участие в делах Горного отдела, а после



*М. М. Протоdjяконов в кругу семьи  
(1917 г.)*

его преобразования — в делах Центрального совета народного хозяйства, касающихся горной промышленности. Надо было изыскивать пути к обеспечению местной промышленности топливом.

В августе 1919 г. по инициативе Михаила Михайловича было открыто горное отделение<sup>11</sup> на техническом факультете Туркестанского народного университета<sup>12</sup>,

<sup>11</sup> Архив М. М. Протоdjяконова (младшего).

<sup>12</sup> Туркестанский университет назывался народным до 7 сентября 1920 г., когда был издан декрет СНК РСФСР за подписью В. И. Ленина «Об учреждении Туркестанского государственного университета». Туркестанский государственный университет

здесь он читал лекции по горному искусству, подготовил и издал литографированным способом учебник по этому предмету [36]. С момента организации горного отделения Протодяконов был его председателем, а с сентября 1920 по март 1921 г. — деканом технического факультета<sup>13</sup>. Ему удалось организовать кабинет горного искусства, который он также возглавил<sup>14</sup>.

Однако существование горного отделения в системе университета нашло и своих противников. Многие члены Ученого совета и профессорско-преподавательского состава считали, что горная специальность должна быть только в техническом высшем учебном заведении, ссылаясь при этом на отсутствие преподавательского персонала, и категорически настаивали на ликвидации не только горного отделения, но и технического факультета. Дневники Михаила Михайловича 20-х годов пестрят записями о его бесконечных «перестрелках» с «универсантами», как он называл ученых-естественников. Четыре раза закрывали горное отделение под предлогом «несоответствия» этой специальности университетскому профилю, но каждый раз энергия и убежденность Михаила Михайловича в правоте нужного для молодой Советской страны дела побеждали.

В 1923 г. горное отделение Среднеазиатского университета было закрыто в пятый раз. Технический факультет САГУ был преобразован в инженерно-мелиоративный [6]. За Михаилом Михайловичем осталось чтение курса буровых и взрывных работ на этом факультете<sup>15</sup> и курса горного искусства на геологическом отделении физико-математического факультета. Сократив частично педагогическую нагрузку, Михаил Михайлович приступил к составлению капитального труда «Урочное Положение горных работ», необходимость которого настоятельно подсказывалась самой жизнью и в котором так нуждалось горное дело.

Начатое М. М. Протодяконовым еще в 1922 г. по заданию Центрального совета народного хозяйства Туркестанского края «Урочное Положение» нашло затем самую энергичную поддержку со стороны ЦК Всероссийского союза

---

был преобразован в Среднеазиатский государственный университет в 1921 г. [1].

<sup>13</sup> ЦГА УзССР, ф. Р-368, оп. 1, д. 38, л. 43 об.

<sup>14</sup> ЦГА УзССР, ф. Р-651, оп. 2, д. 3, л. 3.

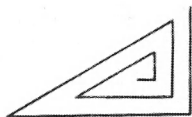
<sup>15</sup> ЦГА УзССР, ф. Р-651, оп. 1, д. 70, л. 9.

На правах рукописи

М. М. Протоdjяконов.

Профессор Туркестанского Государственного Университета

# КРАТКИЙ КУРС ГОРНОГО ИСКУССТВА



По лекциям читанным при  
Горном Отделении техниц  
Фак-та Турк. Гос. Ун-та  
в 1920-1921 акад. году



Издательский под'отдел  
Турк. Гос. Унив-та 1921 г.г. Ташкент.

Титульный лист труда М. М. Протоdjяконова «Краткий курс  
горного искусства»

горнорабочих в Москве и правления треста «Донуголь» в Харькове. Работа вылилась в обширное научное исследование в трех отделах: «Горные работы», «Крепление» и «Проходка выработок» под общим названием «Материалы для Урочного Положения горных работ» [37—39].

В этой работе со всей полнотой выявился аналитико-

критический подход ученого к разрешению сложных вопросов горного дела.

В предисловии к «Материалам для Урочного Положения горных работ» Михаил Михайлович писал: «Пожалуй, в этой именно систематизации груды накопленного сырого материала я хотел бы видеть наибольшую мою заслугу. Довольно горные люди работали «на глаз», ощупью, да по примеру соседа, пора хоть сколько-нибудь вступить на научную почву» [37].

По «Материалам для Урочного Положения горных работ» были критические замечания и поправки, которые Михаил Михайлович учел и внес при подготовке труда ко второму изданию. Этим он и занимался в последние годы своей жизни.

С июля 1923 г. Михаил Михайлович оставил должность консультанта ЦСНХ и всецело посвятил себя работе в Среднеазиатском государственном университете<sup>16</sup>. Интересно привести здесь выдержку из удостоверения, выданного М. М. Протоdjяконову Среднеазиатским государственным университетом: «Настоящим удостоверяется, что профессор Среднеазиатского государственного университета Михаил Михайлович Протоdjяконов является ученым высшей квалификации — ординарным профессором с 1909 г. и по своим выдающимся ученым трудам, являющимся основными руководствами во всех высших и средних учебных заведениях по горной специальности, числится среди немногих других в III категории КУБУ (Комиссия по улучшению быта ученых. — А. Р.)...»<sup>17</sup>

Михаил Михайлович подготовил и опубликовал в «Горном журнале» и других изданиях серию статей о возможности твердых норм в горном деле, о расчете сводчатого рудничного крепления, об организации горной промышленности в Туркестане и др.

Ранней весной 1925 г. Михаил Михайлович был назначен заместителем ректора и Председателем геологического отделения физико-математического факультета Среднеазиатского государственного университета, а в мае избран членом правления САГУ по учено-учебной части. С октября того же года М. М. Протоdjяконов заведовал учетно-экономическим подотделом Среднеазиатско-

<sup>16</sup> ЦГА УзССР, ф. Р-368, оп. 1, д. 133, л. 326 об.

<sup>17</sup> ЦГА УзССР, ф. Р-651, оп. 1, д. 54, л. 36.



Проф. МИХАИЛ ПРОТОДЬЯКОНОВ

**МАТЕРИАЛЫ**  
для  
**УРОЧНОГО ПОЛОЖЕНИЯ**  
**ГОРНЫХ РАБОТ**

Составлено по поручению ЦК Союза  
Горнорабочих С. С. С. Р. и Донецкого  
Государственного Каменноугольного  
треста «Донуголь».

Часть первая

**ГОРНЫЕ РАБОТЫ**

---

ИЗДАНИЕ ЦК ГОРНОРАБОЧИХ  
МОСКВА  
1926

*Титульный лист книги М. М. Протодьяконова «Материалы для Урочного Положения горных работ»*

го отделения Геологического комитета, состоял членом президиума Среднеазиатского госплана и консультантом трестов «Средазуголь» и «Узбекгоснефть» (составил проекты разработки угольного месторождения Кок-Янтак и озокеритового месторождения Шор-Су в Узбекистане).

Но послушной список Михаила Михайловича этим не исчерпывается. С октября 1925 г. он начал преподавать

в Московской горной академии, куда его давно приглашали как крупнейшего специалиста горной науки. Прерывать работу в САГУ Михаил Михайлович не хотел, поэтому согласился преподавать в академии только в течение октября-ноября каждого года, весенний же семестр посвящал чтению лекций в Ташкенте.

С ноября 1925 г. Михаил Михайлович был зачислен постоянным профессором-консультантом треста «Донуголь» (впоследствии Всесоюзное объединение каменноугольной промышленности «Союзуголь») в Харькове.

Одновременно он являлся членом президиума Научно-технического совета каменноугольной промышленности ВСНХ СССР, консультантом треста «Битумсланец» в Москве, по просьбе которого произвел осмотр ряда месторождений горючих сланцев в Ленинградском районе, около Сызрани и около Симбирска и дал заключения по этим месторождениям.

Кроме того, много сил и времени Михаил Михайлович отдавал работе в профессиональных организациях, с 1928 г. состоял председателем Среднеазиатского бюро инженерно-технической секции Союза горнорабочих СССР. Избранием в бюро секции Михаил Михайлович очень гордился и рассматривал свою работу здесь как дело ответственное и почетное. «За последнее время,— писал А. М. Терпигорев в 1930 г.,— не было ни одной области горной промышленности, где бы в той или иной степени не принимал участия Михаил Михайлович» [6, стр. 4].

Такова была исключительно разнообразная, чрезвычайно насыщенная глубокой, содержательной и плодотворной работой жизнь М. М. Протоdjяконова. Он очень много сделал для горной промышленности, горной науки и техники и справедливо считался одним из величайших знатоков горного дела в СССР.

Михаила Михайловича приглашали на преподавательскую работу многие вузы, содержавшие горные отделения, в том числе и зарубежные [5]. Еще в сентябре 1913 г. Варшавский политехнический институт дважды обращался к Михаилу Михайловичу с предложением перейти к ним в качестве организатора и руководителя преподавания горного искусства. С такой же просьбой уже при Советской власти обращались к Михаилу Михайловичу Свердловский университет, Новочеркасский политехниче-

ский институт, Днепропетровский горный<sup>18</sup> и Донецкий политехнический институты.

В 1928 г. в Среднеазиатском университете на физико-математическом факультете заново создается горное отделение. Так как САГУ не осуществлял подготовки технических кадров по эксплуатации месторождений полезных ископаемых, Михаил Михайлович настаивал на необходимости открытия горного отделения с обучением студентов из числа местных жителей. Оно существовало до последних дней жизни Михаила Михайловича. После смерти М. М. Протодяконова горное отделение (ныне носящее имя ученого) было передано из САГУ во вновь созданный Среднеазиатский индустриальный (Ташкентский политехнический) институт [40]. В последние годы жизни М. М. Протодяконов опубликовал ряд важных статей по креплению горных выработок, по расчету норм в горном деле, а также дал анализ существовавших теорий давления горных пород [41—43] и подготовил к печати несколько учебников [44—48]. Он написал учебник по рудничной вентиляции, который при жизни ученого выдержал 4 издания, а после его смерти вышло и 5-е; составил учебные пособия по горным работам, которые были изданы в Ташкенте литографированным способом. Для справочника по горному делу, изданного под редакцией профессора (впоследствии академика) А. А. Скочинского, Михаил Михайлович составил большой раздел по рудничному креплению [45]. Михаил Михайлович подготовил к печати обширный курс рудничного крепления [48], который вышел в свет, когда автора уже не было в живых.

Осенью 1929 г. Михаил Михайлович совершил свою последнюю поездку в Москву, в Московскую горную академию. Прочитав курс лекций, он тепло распрощался со студентами и профессорами и вернулся в Ташкент. Ему было трудно двигаться из-за сильных болей в пояснице. Однако заботы о восстановленном горном отделении дали ему силы превозмочь болезнь и в январе 1930 г. приступить к чтению лекций в Среднеазиатском университете. Врачи, родные и близкие уговаривали Михаила Михайловича бережнее относиться к своему здоровью, но его тянуло в студенческую среду, он этим жил. Михаил

---

<sup>18</sup> Архив М. М. Протодяконова (младшего).

Михайлович говорил, что когда он видит в университете молодежь, то чувствует себя молодым. С большим трудом ему удалось провести занятия в университете в течение января—марта 1930 г.

5 апреля 1930 г. во время операции Михаил Михайлович скончался. Он умер в возрасте 55 лет, полный благородных порывов и мечтаний о прогрессе горной науки.

М. М. Протодьяконов мог бы сделать еще очень много для горного дела, передав свой практический опыт и знания ученикам, подготовив ценные кадры и для научной работы, и для практической деятельности. Это подтверждается записью из его дневника (январь 1926 г.): «В последнее время все бродят в голове какие-то удивительные научные идеи, которыми так интересно заниматься. Ряд каких-то удивительных соотношений по теории чисел; желание совершенно перестроить теорию горных работ; желание совсем особенно написать «Давление горных пород», великая теорема Ферма, теория сводов, теория продольного изгиба...»<sup>19</sup>

В лице М. М. Протодьяконова горная наука потеряла крупнейшего ученого. В ряде работ он характеризуется как основоположник ее основных разделов. Имя ученого известно далеко за пределами СССР, по его трудам долгие годы училось и работало не одно поколение горняков.

Все знавшие М. М. Протодьяконова сходятся во мнении, что это был удивительный человек, обладавший способностью очаровывать людей. «Это был исключительно живой... человек,— писал о Михаиле Михайловиче знавший его длительное время профессор Е. С. Гендлер,—занимательнейший собеседник, интересный и остроумный, чрезвычайно живо реагирующий на все события общественной и политической жизни, большой знаток и ценитель художественной литературы, в том числе и новой. Надо было слышать, как он мастерски читал литературные произведения, например произведения В. Маяковского, подавая их в каком-то новом, чрезвычайно интересном освещении» [5, стр. 6].

Прост в обращении, без тени зазнайства, мягок, но вместе с тем и требователен — таков Михаил Михайлович. Обладая способностью излагать самые сложные тео-

---

<sup>19</sup> Архив М. М. Протодьяконова (младшего).

ретические вопросы очень простым, доходчивым языком, Михаил Михайлович увлекал студентов своими лекциями, которые проходили при переполненных аудиториях.

Вот что писал о Михаиле Михайловиче академик А. М. Терпигорев, знавший его на протяжении многих лет: «И хотя все его работы, вся его деятельность, его авторитетность, его талантливость резко выделяли его из ряда обычных работников, Михаил Михайлович всегда отличался скромностью, простотой, всегда старался ступать среди обычных работников, и эта его скромность и его простота в обращении с другими, бережное отношение к мнениям других сильно подкупали всех лиц, имевших непосредственное дело с Михаилом Михайловичем, и создали особое к нему расположение и любовь» [6, стр. 4].

В постоянной заботе о людях, в ежедневном творчестве находил свое счастье Михаил Михайлович. Вся исключительно разносторонняя и плодотворная жизнь большого ученого, его огромный творческий талант и любовь к труду были отданы беззаветному служению Родине, народу.

## Вклад М. М. Протоdjяконова в горную науку

---

### Учение о крепости горных пород. Коэффициент крепости. Шкала относительной крепости

Учение о крепости горных пород занимает центральное место в исследованиях М. М. Протоdjяконова. Оно вошло органической частью почти во все разделы творчества ученого: в разработку теории горного давления, методов расчета рудничной крепи и технологии крепления, в разработку методики нормирования горных работ.

Механические свойства горных пород имеют в горном деле большое значение, так как от них зависит и выбор способа выемки, и производительность технических средств, и поведение кровли, и способ крепления.

До начала 900-х годов механические свойства горных пород оценивались лишь качественно, т. е. не определялись абсолютные величины их сопротивляемости, а лишь сравнивались породы между собой. Они группировались в известные классы крепости с широким диапазоном, что позволяло всякую породу отнести к той или иной категории. «Попытки такой классификации,— писал М. М. Протоdjяконов в одной из первых своих работ по этому вопросу,— страдают, однако, полной разрозненностью, ибо авторы... не задавались целью сопоставить между собой крепость, например, в отношении бурения, с крепостью в отношении оседания поверхности и т. п., и, кроме того, отношения между классами лишь редко выражаются числами, а обыкновенно авторы довольствуются просто терминами: «крепкие», «слабые», «ломкие» породы и т. п.» [24].

Однако развитие горного дела настоятельно требовало количественной оценки механических свойств горных пород.

М. М. Протодяконову впервые удалось обобщить разрозненные данные и, установив объективно существующие связи между различными показателями механических свойств горных пород, создать учение о крепости горных пород, которое явилось одной из основ дальнейшего развития целого ряда важнейших разделов горной науки [49].

Знакомясь с горнотехнической литературой, можно часто встретить термин «прочность», который толкуется как синоним «крепости». Некоторые авторы даже предлагают принять в горном деле общетехнический термин «прочность».

По определению Протодяконова [37], «крепостью породы, как и всякого материала, называется сопротивляемость ее внешним усилиям». Если взять определение термина «прочность», данное Комитетом технической терминологии АН СССР [50], то можно заметить явную неидентичность его с термином «крепость»: «Прочность — свойство материала в определенных условиях и пределах не разрушаясь воспринимать те или иные воздействия». Здесь термин «прочность» применим только к тем случаям, когда материал не разрушается. В определении термина «крепость», данном М. М. Протодяконовым, такой оговорки нет, поэтому есть основание считать, что этот термин «применим как для характеристики пород в отношении их устойчивости, так и в отношении их сопротивления разрушению при добычании» [49].

Как правило, термин «прочность» применяется при определении временных сопротивлений растяжению, сжатию, изгибу, кручению и т. п. И, следовательно, под прочностью подразумевается сопротивление материала действию только элементарных напряжений, а не любых воздействий.

Развивая мысль о термине «крепость породы», М. М. Протодяконов писал: «В повседневном обиходе под словом «крепость породы» подразумеваются, вообще говоря, понятия различные и по существу своему сложные. Так можно говорить о крепости в смысле большей или меньшей легкости добывания разного рода, т. е. сопротивляемости при бурении, взрывных работах или непосредственном добывании теми или другими инструментами, например кайлой, лопатой и т. п. И можно рассматривать породы в отношении их устойчивости, также

разного рода: при проведении выработок, в вопросе о креплении, о предохранительных целиках, об оседании дневной поверхности» [24].

Крепость в понимании М. М. Протодьяконова — объективное свойство горной породы, зависящее только от нее самой и не зависящее от того, при каком процессе разрушения она проявляется (при бурении ли, взрывании или в отношении давления на крепь и т. д.). Он отмечал также, что равенство крепостей является приближительным.

На основании тщательного опытного исследования процесса бурения шпуров М. М. Протодьяконов впервые в истории горного дела установил качественную и количественную зависимости между скоростью бурения и крепостью буримой горной породы. Эти зависимости позволили производить технические расчеты. И, несмотря на некоторую приближенность предложенных им формул, последние имели достаточно высокую степень точности по сравнению с формулами, применявшимися, скажем, при конструировании машин, где брались обычно большие коэффициенты запаса прочности [51].

За меру крепости горных пород Протодьяконов принял коэффициент крепости — величину безразмерную, указывающую, во сколько раз одна порода крепче другой, принятой за единицу. Небезынтересно отметить, каким образом ученый подошел к разработке коэффициентов крепости горных пород и шкалы крепости.

Еще в 1907 г. Протодьяконов применил коэффициенты крепости для характеристики устойчивости горных пород и их давления на рудничную крепь [17]. Михаил Михайлович предложил рассматривать горные породы как нечто среднее между сплошными и сыпучими телами, которые в зависимости от своих конкретных свойств приближаются то к первым, то ко вторым. Это довольно оригинальная трактовка вопроса о структуре горных пород. «Горные породы в массе своей, — писал М. М. Протодьяконов, — отнюдь не представляют собою сплошных упругих тел, какие рассматриваются обыкновенно в курсе сопротивления материалов. Множество трещин, от микроскопических до грандиозных, разбивают всю толщу на отдельные куски, и даже там, где связь остается, она в значительной мере слабее, чем внутри самих кусков. Особенно характерно напластование и кливаж, а равно,



так называемая «отдельность», наиболее сильная в базальтах и гранитах. Они образуют систему пересекающихся трещин, определенно обращающих массу породы в собрание отдельных кусков, лишь отчасти связанных друг с другом» [46, стр. 68].

Применив к горным породам законы трения, характерные для сыпучих тел, Михаил Михайлович в формулы, выражающие эти законы, ввел поправочные коэффициенты для учета возникающих сил сцепления между частицами сплошных тел, увеличивающих коэффициент внутреннего трения.

Таким образом, вместо обычного коэффициента трения, характеризующего то или иное сыпучее тело, Протодяконов ввел «кажущийся коэффициент трения», результирующий и собственно трение (внутреннее трение между частицами) и сцепление между частицами данной породы [1]. Этот «кажущийся коэффициент трения» был назван М. М. Протодяконовым «коэффициентом крепости горных пород», который он обозначил буквой *f*. Коэффициент крепости является универсальным относительным показателем сопротивляемости горных пород внешним механическим усилиям. В любом случае сопротивляемость «обуславливается некоторой комбинацией элементарных сопротивлений растяжению, сжатию, сдвигу»; она «так же разнообразна, как разнообразен способ воздействия усилий» [37, стр. 2]. М. М. Протодяконов экспериментально проверил сопротивляемость горных пород воздействию механических усилий. При этом он показал, что даже совершенно не зная, как распределяются напряжения в породе в момент воздействия на нее, все-таки возможно приблизительно установить относительную сопротивляемость разнообразных пород. Сопротивляемость для каждой породы одна и та же, в каком бы отношении ее ни брали. Михаил Михайлович пояснил это следующим примером.

Пусть на породу действует некоторое усилие *P*. В зависимости от характера, величины и способа действия, оно вызывает в породе разнообразные напряжения: сжимающие, растягивающие, сдвигающие, изгибающие и прочие. Тогда

$$P = F(d, z, s, b...),$$

где *d* — напряжение от сжатия; *z* — от растяжения; *s* —

от сдвига;  $b$  — от изгиба и т. д.;  $F$  — некоторая функциональная зависимость.

Но каждое из напряжений должно быть прямо пропорционально действующему усилию. Если это последнее увеличивается, например вдвое, то как бы ни было сложное распределение разнообразных напряжений, вдвое же увеличатся и все сжимающие, растягивающие и прочие напряжения. А это может быть только в том случае, если функция  $F$  такова, что все  $d$ ,  $z$ ,  $s$  и т. д. входят в уравнение в виде алгебраической суммы. Следовательно, можно написать

$$P = Ad + A_1z + A_2s + A_3b + \dots, \quad (1)$$

где  $A$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ... — некоторые простые или сложные алгебраические выражения, независимые от  $d$ ,  $z$ ,  $s$ ... Протодьяконов назвал их «условиями действия». Перемножаться, делиться, входить в уравнение в какой-либо степени, кроме первой, величины напряжений не могут.

Если представить себе, что этого бы не было и взять к примеру  $P = dz$ , то при увеличении  $P$  вдвое,  $d$  и  $z$  не могли бы увеличиться вдвое, так как в этом случае вторая часть выражения увеличилась бы вчетверо и равенство нарушилось бы. Также невозможно, чтобы  $A$ ,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  были зависимы от  $d$ ,  $z$ ,  $s$ ,  $b$ ...

Отсюда следует, что все напряжения  $d$ ,  $z$ ,  $s$ ,  $b$ ... должны быть пропорциональны между собой, так как все они пропорциональны  $P$ , т. е. могут быть выражены через одно из них, например  $d$ ;  $z = k_1d$ ;  $s = k_2d$ ;  $b = k_3d$ , где  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ... — некоторые коэффициенты пропорциональности.

В таком случае уравнение (1) примет вид:

$$P = Ad + A_1k_1d + A_2k_2d + A_3k_3d + \dots, \quad (2)$$

или

$$P = d[A + Ak_1 + A_2k_2 + A_3k_3 + \dots].$$

Обозначая выражение в скобках через  $K$ , получаем

$$P = Kd. \quad (3)$$

Отсюда Михаил Михайлович сделал вывод, что «при любом, хотя бы самом сложном, распределении различных напряжений в породе, «действующее усилие всегда

должно быть пропорционально одному какому-нибудь напряжению, произвольно выбранному».

Если увеличить силу  $P$ , то наступит момент, когда какое-нибудь из напряжений достигнет предела сопротивления породы, и она начнет разрушаться. Полностью же порода разрушается, когда предел прочности достигается всеми напряжениями сразу. В этом случае отмечается наивыгоднейшее использование силы  $P$ . Оно становится возможным, если условия действия усилия  $P$  на породу, т. е. коэффициенты  $A, A_1, A_2, A_3..$ , или, что то же, —  $K$  соответственно подобраны.

Михаил Михайлович рассмотрел и другой случай, когда усилие  $P$  осталось прежним (неувеличенным), угол приострения бура, площади раздавливания и скалывания — также прежние. Все  $A, A_1, A_2, A_3..$  а следовательно, и  $K$  не менялись и выражение (3) сохраняло свою силу. Протодьяконов допустил, что увеличилась только крепость породы. «Тогда, если бы все ее временные сопротивления увеличились в одно и то же число раз, то опять предел разрушения достигался бы всеми напряжениями одновременно, при усилении  $P$  во столько же раз больше».

Далее М. М. Протодьяконов рассуждал так: в каком-то случае сопротивление раздроблению стало вдвое больше. Значит, под лезвием бура порода начинала бы разрушаться при усилении  $P$  также вдвое больше. Если и скалывающие напряжения возросли вдвое, и сопротивление скалыванию у новой породы возросло по сравнению с прежним вдвое, процесс разрушения (скалывания) породы непременно произошел бы. «Стало быть, новая порода для своего разрушения потребует усилия ровно во столько раз большего, во сколько раз больше ее временное сопротивление». Значит, «она крепче прежней во столько раз, во сколько больше любое из ее сопротивлений».

В соответствии с выбранным временным сопротивлением Михаил Михайлович все породы расположил в ряд по крепости. Расчет велся по формуле:

$$P_m = K_m k_z,$$

где  $P_m$  — разрушающее породу усилие;  $K_m$  — выражение, характеризующее данные условия действия;  $k_z$  — выбранное временное сопротивление породы.

При взрывании или другом способе разрушения породы условия действия  $A, A_1, A_2, \dots$ , а следовательно, и  $K$  стали бы другими, но все рассуждения сохранили бы силу, и две различные породы потребовали бы для своего разрушения усилия, вновь пропорциональные  $k_z$  или другому выбранному напряжению

$$P_n = K_n k_z.$$

«В действительности, — указывал Протодяконов, — этого не бывает. Временные сопротивления различных пород не пропорциональны между собою. Поэтому величины  $K_n$  или  $K_n$ , подобранные на основании принципа одновременного достижения всеми напряжениями предела разрушения, для различных пород окажутся уже не совсем одинаковы, и предыдущее наше рассуждение становится справедливым только постольку, поскольку временные сопротивления в различных отношениях близки к пропорциональности между собою». Отсюда М. М. Протодяконов пришел к следующему выводу: «Мы вправе приближенно считать, что если какая-нибудь порода крепче другой в некоторое число раз в одном каком-нибудь отношении, например при бурении, то во столько же раз она будет крепче и во всяком другом отношении, например при взрывании, в отношении давления на крепь и т. д.» [37, стр. 7]. Михаил Михайлович считал также, что для всех видов крепости может быть составлена единая классификация.

До введения М. М. Протодяконовым коэффициента крепости горные породы оценивались не числами, а лишь качественно терминами: «крепкие», «слабые», «ломкие» и т. п. Хотя некоторые исследователи и пытались дать численные значения крепости пород по разным процессам (зарубка, отбойка, бурение, взрывание и т. п.), однако никто из них в то время не сумел сопоставить эти значения между собой. М. М. Протодяконов впервые дал количественную характеристику горных пород как основу для аналитических расчетов по различным горным процессам. Он сумел обнаружить общие объективные закономерности свойств горных пород, действительно существующие в природе, и это дало ему возможность составить первую научно обоснованную классификацию пород по крепости.

Следует заметить, что классификацией горных пород до М. М. Протодьякопова занимались многие исследователи. Еще в 1550 г. Г. Агрикола выделял руды мягкие (трещиноватые), крепкие, более крепкие и крепчайшие; горные породы — мягкие и ломкие, незначительной крепости, средней крепости, весьма крепкие [52]. В основном породы делились на твердые, средние и мягкие. Некоторые авторы [53, 54] к этим трем категориям пород добавляли четвертую — «рыхлые». Такие классификации давали лишь самые общие представления о твердости и прочности пород.

В «Справочной книге для горных инженеров и техников по горной части» [55], изданной в 1880 г., Г. Я. Дорошенко подразделил горные породы по устойчивости: на более или менее устойчивые, рыхлые, сыпучие, плывучие и пльвучие в высшей степени. Профессор Б. И. Бокий и другие русские ученые предложили классифицировать горные породы по степени их добываемости на пять групп: весьма хрупкие, ломкие, мягкие, рыхлые и сыпучие. Американские исследователи Д. Т. Харли, Э. Э. Гисс, Г. Н. Джексон, И. С. Лорд и другие основными признаками пород считали сопротивление их бурению, истиранию, а также расход энергии на выбуривание определенного объема породы с учетом вязкости и трещиноватости [52].

Анализируя недостатки предлагавшихся ранее классификаций крепости горных пород, М. М. Протодьяконов писал: «Поэтому моей задачей и является, во-первых, попробовать привести в определенную систему различные, так сказать, «виды крепости», а во-вторых, установить наиболее рациональную классификацию и выразить отношение между классами в числах» [24].

Он предложил характерные горные породы разделить на восемь классов, прибавив для полноты еще один класс — воду (табл. 1) [24].

Михаил Михайлович писал: «...разные лица, каждый в своих целях, совершенно обособленно устанавливали классификацию пород по крепости, один для бурения, другой для взрывных работ, третий для оседания поверхности, четвертый для крепления и т. д. Никто не имел в виду сопоставлять эти таблицы. И вот оказывается, что если это делаем мы, то получается вполне явное тождество классификаций» [24].

Таблица 1

Классы крепости, №№	Наименование классов	Характеризующие породы	Временное сопротивление сжатию, кг/см <sup>2</sup>	Коэффициент крепости	Примечание
I	Весьма крепкие	Кварцит	3000	20	Порохострельные работы
II	Крепкие	Гранит и граувакка	1500	10	
III	Довольно крепкие		Крепкий песчаник, известняк	900	
IV	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец, мягкий песчаник, крепкий уголь	600	4	
V	Довольно слабые	Мягкий сланец, мягкий уголь	300	2	Кайловая работа
VI	Слабые	Глина, сырой песок	—	1	Лопатные работы
VII	Сыпучие	Сухой песок, осыпи	—	0,7	
VIII	Плывучие	Плывун	—	0,1—0,3	
IX	Вода	Вода	—	0	

Таблица 2

Классы крепости, №№	Временное сопротивление сжатию, кг/см <sup>2</sup>	Коэффициент крепости	Добытые		Бурение шпуров		Взрывные работы по Шалону	Оседание поверхности по Ржиха	Крепление и целики по М. М. Протодьяконову
			по Ржиха	по Далеку	по Ржиха	по Далеку			
I	3000	20	20	—	18	—	13,3	—	—
II	1500	10	11	10	12	12	10,7	10	10
III	900	6	7	7	6	6	6,7	6	6
IV	600	4	4,8	4	—	4	4	4	4
V	300	2	1,7	2	—	—	2	2	2
VI	—	1	1,1	1	—	—	—	1	1
VII	—	0,7	0,6	0,5	—	—	0,7	—	0,7
VIII	—	0,1—0,3	—	—	—	—	—	—	0,1—0,3
IX	—	0	—	—	—	—	—	—	0

М. М. Протодяконов обработал данные ряда авторов путем замены конкретных показателей безразмерными коэффициентами и все полученные данные относительной крепости свел в одну общую таблицу, разбив породы по одноименным классам крепости (табл. 2) [49, стр. 45].

Из таблицы видно, что данные разных авторов близки между собой. Это подтверждает вывод М. М. Протоляконова о возможности единой и. что очень важно, рациональной классификации по коэффициенту крепости.

Уже в первых работах Протодяконов сделал вывод, что различные показатели относительной крепости пород практически не отличаются друг от друга, определил ее меру — коэффициент крепости, разделил все породы по величине коэффициентов крепости на несколько классов.

В последующих работах Михаил Михайлович уточнял, дополнял и углублял выполненные в этой области исследования. Так, он увеличил число классов шкалы крепости до 10, причем для некоторых классов ввел подклассы; значительно пополнил перечень пород, охватываемых его классификацией; существенно расширил количество сопоставляемых данных, доказывающих тождественность различных классификаций [49].

Протодяконов несколько раз уточнял по мере накопления данных соотношение между временным сопротивлением породы одноосному сжатию ( $R$ ) и коэффициентом крепости ( $f$ ). Приняв за единицу коэффициента крепости временное сопротивление одноосному сжатию  $100 \text{ кг/см}^2$ , он вывел простейшую формулу:

$$f = \frac{R}{100}. \quad (4)$$

Максимальное значение  $f$  по шкале крепости Протоляконова равно 20, минимальное — 0,3. Между этими числовыми значениями коэффициента крепости заключается все многообразие горных пород, начиная с болотистого грунта и пород в плавучем состоянии и кончая наиболее крепкими, плотными и вязкими кварцитами и базальтами, а также другими весьма крепкими породами. Классификация пород по крепости дана в табл. 3 [37, стр. 1].

Дав сводную таблицу относительных коэффициентов крепости  $f$  всех классов горных пород, Протодяконов

Таблица 3

Категории	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости
I	В высшей степени крепкие породы	Наиболее крепкие, плотные и вязкие <b>кварциты</b> и <b>базальты</b> . Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие породы	Очень крепкие гранитовые породы. <b>Кварцитовый порфир</b> , очень крепкий гранит, кремнистый сланец, менее крепкие, нежели указанные выше, кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие породы	<b>Гранит</b> (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	То же	<b>Известняки</b> (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, доломит, колчеданы	8
IV	Довольно крепкие породы	<b>Обыкновенный песчаник</b> . Железные руды	6
IVa	То же	<b>Песчанистые сланцы</b> Сланцеватые песчаники	5
V	Средние породы	<b>Крепкий глинистый сланец</b> . Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
Va	То же	Разнообразные <b>сланцы</b> (некрепкие). Плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие породы	<b>Мягкий сланец</b> , очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, цементированная галька и хрящ, каменистый грунт	2
VIa	То же	<b>Щебенистый грунт</b> . Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь, отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие породы	<b>Глина</b> (плотная). Мягкий каменный уголь, крепкий нанос — глинистый грунт	1,0
VIIa	То же	<b>Легкая песчанистая глина</b> , лёсс, гравий	0,8



Т а б л и ц а 3 (окончание)

Категории	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости
VIII	Землистые породы	<b>Растительная земля. Торф.</b> Легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие породы	<b>Песок</b> , осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие породы	<b>Плывуны</b> , болотистый грунт, разжиженный лёсс и другие разжиженные грунты	0,3

предложил положить эту таблицу в основу расчета процессов добывания пород и крепления выработок. Он указывал, что представленные в таблице цифры относятся к целой группе пород (например, сланцам, кварцитам, известнякам и пр.), а не к отдельным их разновидностям. Поэтому к определению коэффициента крепости нужно подходить с большой осторожностью, ибо в различных отношениях величина эта может быть неодинакова [37].

Несмотря на некоторую условность или, как отмечает автор, «приближенность» применения коэффициента  $f$  для оценки сопротивляемости пород в разных отношениях, расчеты горного давления или горных работ оказываются весьма простыми, а результаты их — близко совпадающими с данными непосредственных наблюдений. Многолетний опыт показал, что для подавляющего большинства расчетных формул, в которые входит величина  $f$ , таблиц расхода взрывчатых веществ и т. п., 20-балльная шкала вполне достаточна, так как даже самые крепкие породы удовлетворительно характеризуются коэффициентом крепости  $f=20$ . При испытаниях на раздавливание выяснилось, что некоторые разновидности скальных пород обладают временным сопротивлением, значительно превышающим 2000 кг/см<sup>2</sup>. Согласно формуле (4), для этих пород коэффициент  $f$  следовало бы принимать равным 25—30, однако при технических расчетах вполне приемлемые результаты обычно получались в случае принятия коэффициента крепости этих пород равным 20 [56]. Следует заметить также, что числовые значения коэффициента крепости пород довольно близки к значениям тангенсов углов внутреннего сопротивления горных пород, т. е.

углов, под которыми в породах возникают наибольшие напряжения и в первую очередь появляются трещины от действия разрушающих сил.

Некоторые сторонники и последователи М. М. Протодьяконова довольно упрощенно толкуют значение коэффициента крепости горных пород. Они считают, что коэффициент крепости  $f$  равен одной сотой временного сопротивления породы одноосному сжатию, забывая при этом про другие «связи» коэффициента. «Это определение правильно, но в то же время оно неполно и неточно» [49]. М. М. Протодьяконов считал, что для определения коэффициента крепости породы пригодны самые разнообразные способы: можно брать величины какого-нибудь временного сопротивления и особенно средние из разнообразных временных сопротивлений; количество затраченной работы, количество потребного взрывчатого вещества; давление, производимое той или иной породой, и т. п. По мнению М. М. Протодьяконова, самое важное свойство коэффициентов крепости заключается в том, что они дают возможность сравнивать породы между собой, не зная, какие напряжения и как в них вызываются.

Выборка из таблицы М. М. Протодьяконова [37] для одного класса крепких горных пород дает возможность получить среднюю величину коэффициента крепости при разных способах разрушения породы:

Способ разрушения	Коэффициент крепости
Одноосное сжатие кубиков на прессе	9,4—10,0
Добывание по Ржиха	10,0
Добывание по Долежалеку	10,0
Ручное бурение по описанию Донецкого бассейна	10,0
Бурение пневматическими молотками	11,2
Давление на крепь по Протодьяконову	10,0
Обтесывание камней по Урочному Положению	10,0—12,2
Бурение пневматическими молотками по описанию Донецкого бассейна	10,7—11,2

---

В среднем 10,0

М. М. Протодьяконов считал, что если порода крепче эталона в одном отношении в 9,4 раза, в другом — в 10 раз, в третьем — в 11,2 и т. д., то она вообще крепче эталона приблизительно в 10 раз. Именно цифру 10 он и принял в качестве коэффициента крепости, общего для всей данной группы горных пород [49]. За-

меня частные значения коэффициентов крепости средними, Протодяконов получал возможность устанавливать главные отличия горных пород друг от друга.

Исследователи, не соглашавшиеся с М. М. Протодяконовым в вопросе о единстве коэффициентов крепости при различных методах разрушения пород (профессора А. Ф. Суханов, Е. М. Монтлевич и др.), делали вывод о том, что отношение двух или трех различных показателей крепости не может быть тождественным<sup>20</sup>. Статистическая обработка показателей, полученных исследователями, давала возможность удостовериться в том, что разница в коэффициентах крепости, определенных при различных методах разрушения, не превышает разницы при повторном производстве опытов одним и тем же способом (коэффициент вариации порядка 30% в том и другом случаях). Такое незначительное несоответствие в коэффициентах объясняется не различием методов разрушения, а неоднородностью свойств породы даже в пределах одного забоя [1]. Эти данные не только не опровергают выводов М. М. Протодяконова, а, наоборот, подтверждают приближенное равенство коэффициентов крепости.

В начале 30-х годов, после смерти М. М. Протодяконова, делались попытки опровергнуть его коэффициенты крепости и шкалу крепости горных пород. Одним из противников взглядов М. М. Протодяконова не только по вопросу коэффициентов крепости и шкалы крепости, но и по вопросам технического нормирования [57, 58] явился А. Ф. Суханов.

В качестве довода он приводил пример бурения и взрывания глины и гранита. Суханов считал, что глина бурится легко, а взрывается трудно, гранит же и взрывается и бурится одинаково трудно. Для двух разных классов пород разница в расходе взрывчатых веществ не пропорциональна разнице в количестве шпуров на единицу объема, и эффект от замены стальных буров победитовыми не одинаков.

Руководствуясь этими примерами, А. Ф. Суханов делал вывод, что коэффициенты буримости и взрываемости не равны и не пропорциональны друг другу и потому коэффициенты крепости М. М. Протодяконова не могут

<sup>20</sup> Следует заметить, что М. М. Протодяконов никогда не говорил о тождестве, а только о приближенном равенстве коэффициентов.

быть обоснованы и противоречат действительности. Он считал правильным идти по пути установления отдельных классификаций: буримости, взрываемости, разборки и т. д. и отказаться от понятия крепости [59].

По сути дела А. Ф. Суханов предлагал вернуться к оценке крепости горных пород, существовавшей до М. М. Протодяконова. А. Ф. Суханов сосредоточил внимание на единичных отклонениях от общей закономерности, упустив саму закономерность.

Несмотря на то, что целым рядом исследователей предлагались самые разнообразные показатели крепости и классификации горных пород, коэффициенты крепости горных пород М. М. Протодяконова получили широкую известность и глубоко укоренились в горной науке и на производстве. Предлагалось также и множество способов определения крепости пород непосредственно в забое: по вдавливанию штампа, пуансона, по выкалыванию линз, по силе удара кайлой, по раздавливанию и скалыванию целиков гидродомкратами, по отскоку молотка, по выбуриванию и др. Однако на практике при оценке горных пород предпочтение отдавалось коэффициентам крепости М. М. Протодяконова, в которых отражаются природные объективные закономерности свойств горных пород.

Шкала относительной крепости горных пород М. М. Протодяконова является наиболее глубоко научно разработанной шкалой как в СССР, так и за рубежом. Простота самой шкалы, физические величины, положенные в основу классификации, удобство пользования ею для расчетов, вполне отвечающие практике результаты расчетов — все это способствовало широкому внедрению классификации Протодяконова в практику работы рудников, проектных и научно-исследовательских организаций.

Шкала крепости горных пород легла в основу изучения процессов их добывания (зарубки, бурения, взрывания, отбойки). По коэффициентам крепости судят о величине давления пород на рудничную крепь, и, следовательно, определяют тип и размер крепи. Одним из показателей, определяющих норму выработки при горных работах, является крепость пород, следовательно, и здесь не обходятся без коэффициентов крепости. Именно поэтому учение о крепости горных пород, сохранившее свою ценность до наших дней и получившее широкое признание, активно развивается советскими учеными.

## Теория горного давления в трудах М. М. Протодяконова, его предшественников и последователей

Вопросы горного давления занимали важнейшее место в исследованиях М. М. Протодяконова.

Известно, что все наиболее существенные технические задачи подземной разработки полезных ископаемых тесно связаны с решением проблемы горного давления и рудничного крепления. Сюда относятся системы разработок, комплексная механизация угледобычи, проведение и крепление выработок, газовыделение и т. п. Установление закономерностей проявления горного давления вокруг выработок, чтобы научно обосновать инженерные расчеты подземных поддерживающих сооружений (крепей, целиков), является актуальной задачей, попыткам решения которой во многом способствовали труды М. М. Протодяконова.

К 1907 г., когда Михаил Михайлович начал заниматься вопросами горного давления, они не были новыми. Еще в средневековье проблема охраны поверхностных сооружений от обрушения в районах разработки полезных ископаемых занимала ученых. По этому поводу встречаются указания в одном из европейских договоров 1487 г., ограничивающих ведение подземных горных работ [1]. В нем говорится, что подземные работы должны производиться так, чтобы город не лишался воды и чтобы церкви и большие дома не терпели повреждений от близости этих работ.

В начале XIX в. также делались некоторые попытки установить закономерности давления горных пород, законы распространения процессов обрушения. При анализе за основу брали размер толщи горных пород над выработанным пространством и направление обрушения относительно угла залегания разрабатываемых пластов. В 1838 г. Туайе в отчете Союза шахтовладельцев сформулировал так называемый «закон нормалей», суть которого заключается в том, что обрушение (излом) пород происходит по плоскостям, перпендикулярным к напластованию [1].

С середины XIX в. в связи с развитием угледобывающей промышленности в странах Западной Европы участились случаи обрушения поверхности над вырабо-

танними пространствами. Вопрос о причинах обрушений и мерах борьбы с ними приобрел особую остроту. На страницах технических журналов развернулись дискуссии и, в частности, вокруг нашедшего «закона нормалей» Туайе, при помощи которого пытались регламентировать размеры охранных целиков угля, оставляемых для предотвращения обрушения поверхности. Оставление охранных целиков встретило большое сопротивление со стороны шахтовладельцев, терпевших большие убытки в связи со значительными потерями угля в целиках.

Дискуссия в Льеже в 50—70-х годах XIX в. показала, что некоторые из авторов начали задумываться над природой и законами горного давления. В результате появился ряд теорий: теория свода с глубиной и формой, зависящими от крепости и характера напластования горных пород; теория, рассматривающая толщу горных пород как балку с закрепленными концами и равномерно нагруженную собственной тяжестью и др.

Однако основная линия дискуссии состояла в стремлении доказать невозможность познания законов горного давления и обреченность попыток математического решения вопросов о величине горного давления, обусловленного разнообразными и, как казалось, непознаваемыми сложными факторами.

В последней четверти XIX в. получила быстрое развитие угольная промышленность в Моравско-Остравском районе (территория современной Чехословакии). И здесь разгорелась борьба мнений вокруг вопроса о законах горного давления. Профессор Ржиха опубликовал в 1882 г. «Заключение о правилах ведения каменноугольных разработок под рудничными железными дорогами Карвинского каменноугольного округа в Остраве». В этой работе, ссылаясь на законы физики и механики, Ржиха показал, что пространство обрушения над горной выработкой представляет собой параболический свод. Чешский ученый впервые ввел понятие «откос», который зависит от свойств горных пород и к которому приближается направление обрушения [1].

Попытку сделать обобщающие выводы из наблюдений над явлениями горного давления предпринял в 1885 г. французский ученый Фейоль. В работе о сдвигении дневной поверхности под влиянием горных выработок он отмечал, что пространство обрушения имеет куполообразную

форму, в основании которой находится выработанная площадь. Величина же сдвижения пород уменьшается по мере удаления от середины выработанного пространства. Однако, став на правильный путь в своих рассуждениях, Фейоль не пошел дальше экспериментального подтверждения образования свода над выработкой. Он считал, что горное давление зависит от столь разнообразных факторов, что невозможно требовать точных формул для определения его величины. Ограничившись утверждением о невозможности дать общую теорию и тем более количественную интерпретацию явлений горного давления, Фейоль пришел к заключению, что можно было бы удовлетвориться определением формы, направления и величины оседания и «быть гарантированным от ложных идей» [1].

В конце прошлого века за границей появились и такие работы, в которых давалась абстрактная, схоластическая трактовка проблем горного давления. Как пример, можно привести работу Вийе «Заметки о теоретическом определении зоны оседания под влиянием горных работ».

Таково было положение с очень важным для горной науки вопросом о давлении горных пород к началу XX в.

Внимательно изучив все работы своих предшественников, Михаил Михайлович убедился, что ни одна из них не может его удовлетворить. Он считал, что ученый должен ставить перед собой не абстрактные, а практические задачи, выдвигаемые всем ходом развития горного дела. В то время еще мало изучалось поведение горных пород при их обрушении. Михаил Михайлович поставил перед собой задачу вскрыть не только качественную картину явлений, происходящих в породах при проведении в них горных выработок, но и количественную, на базе теории, содержащей «расчетные формулы, удобные для пользования и точные постольку, поскольку это требуется жизнью» [46].

В 1908 г. в своей диссертации М. М. Протодьяконов обосновал теорию горного давления на рудничную крепь.

В основу теории давления горных пород М. М. Протодьяконова легли следующие положения.

1. Обычные горные породы во всей своей массе не представляют собой сплошных однородных тел, а содержат множество трещин, от мельчайших до огромных, так что в сущности состоят из отдельных частей, кусков и кусочков лишь со слабой связью между ними. Поэтому их

можно рассматривать до известной степени как тела несвязные.

2. В потолке горизонтальной или наклонной выработки образуется свод, который принимает на себя давление вышележащих пород.

Представление об указанном своде подтверждается непосредственными наблюдениями в подземных выработках. Это так называемый свод обрушения, или свод естественного равновесия пород. М. М. Протодяконов показал, что направляющей кривой этого свода является парабола, а его высота весьма просто вычисляется, если известны его пролет (ширина выработки) и коэффициент крепости породы кровли. Величина давления горных пород на крепь горизонтальной выработки, по М. М. Протодяконову, равна весу породы в объеме указанного свода обрушения. Рассчитывается свод элементарным способом, если известны его размеры, а также объемный вес породы кровли.

Выводы М. М. Протодяконова были основаны на собственных наблюдениях и опытах других исследователей. Чтобы подтвердить процесс образования естественного параболического свода в породах при проведении в них горных выработок, Михаил Михайлович не только лично провел ряд опытных исследований, но и использовал материал французского ученого Фейоля.

Для подтверждения мысли о независимости горного давления от глубины горной выработки М. М. Протодяконов опирался также на наблюдения Менцеля, Энгессера, Пранте, Бернгарди и др.

Михаил Михайлович сделал вывод о том, что рудничная крепь слишком слаба, чтобы выдержать громадный вес пород над выработкой. Крепление штреков обыкновенного типа могло бы выдержать вес слоя пород толщиной всего лишь 1 м. Если такая крепь в руднике благополучно стоит на глубине сотен метров под землей, то, следовательно, на нее не давят вышележащие породы всей своей массой, они держатся сами собою, а на крепь давят только отделившиеся куски [46].

Объясняя многие явления, которые происходят в породах при проведении горных выработок, Михаил Михайлович пользовался результатами наблюдений, полученными не только на отечественных горных предприятиях, но и на зарубежных. Так, отжим угля он объяснял по мате-



ПРОФ. МИХ. МИХ. ПРОТОДЬЯКОНОВ

ДАВЛЕНИЕ  
**ГОРНЫХ ПОРОД**  
И  
РУДНИЧНОЕ  
КРЕПЛЕНИЕ

ЧАСТЬ I. ДАВЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

*Издание третье исправленное*



Н Н Т П  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ГОРНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА · ЛЕНИНГРАД · НОВОСИБИРСК

1933

*Титульный лист книги М. М. Протодьяконова «Давление горных пород и рудничное крепление»*

риалам рудников Цвиккау; поддувание почвы в горных выработках — на основании данных по Симплонскому туннелю в Альпах между Швейцарией и Италией; «стреляние» в горных породах при проведении выработок показано на примере угольных шахт Силезии и Домбровского бассейна, Пршибрамских серебро-свинцовых рудников в Чехословакии и Сен-Готтардского туннеля в Швей-

царии. Он доказал, что сделанные им выводы носят характер общей закономерности [1].

В работе «Давление горных пород и рудничное крепление» [46] М. М. Протодяконов для объяснения законов сдвижения горных пород в зоне выработки выдвинул гипотезу свода, суть которой в следующем. После того, как выработка проведена в породах, лежащих над нею и с боков, происходит перегруппировка существовавших до этого напряжений. Над выработкой образуется естественный свод, который принимает на себя давление выпележающих толщ породы, тем самым освобождая крепь от непомерно высокого давления. На крепь же воздействуют только части породы, находящиеся внутри свода. При чем создавшиеся здесь до того напряжения способствуют разрушению и отделению от свода этих частей. Таким образом, давление на крепь будет непосредственно равно весу объема пород кровли. М. М. Протодяконов поясняет, что давление зависит не от глубины выработок, а лишь от крепости пород и размера подработанной площади.

Исходя из гипотезы свода, М. М. Протодяконов аналитически определил давление породы на крепь, установив, что на последнюю давит своим весом параболический объем породы, ширина которого равна пролету выработки, а высота — полупролету, деленному на коэффициент крепости пород кровли. При этом он дал следующую формулу для определения величины этого давления (кг) на погонную единицу выработки:

$$P = \frac{4ba^2}{3f},$$

где  $b$  — вес 1 м<sup>3</sup> породы кровли в среднем 2500 кг;  $a$  — полупролет горной выработки по кровле, м;  $f$  — коэффициент крепости пород кровли.

Следует заметить, что свои выводы М. М. Протодяконов облекал в простые математические формулы. По его мнению, формулы представляют ценность лишь тогда, когда результаты подсчета по ним согласуются с инженерной практикой.

Развивая далее гипотезу свода, автор пояснял, что если бока выработки, служащие опорой своду, достаточно крепки, то свод образуется только в кровле; если же бока способны уступать давлению, свод включает их в

себя и получает расширенную от почвы форму. Слишком большое давление налегающих толщ способствует выдавливанию пород в выработку, причем породы в этот момент находятся в крайне напряженном состоянии. От верхних углов выработки в толще пород распространяются плоские трещины, которые могут доходить до поверхности, вызывая ее оседание и повреждение поверхностных сооружений.

Внутри свода либо все породы разбиваются на куски и падают в выработку (тогда давление на крепь будет равно их полному весу), либо разбиваются только частично. Слоистые породы могут провиснуть, оказавшись подвешенными к своду.

Свои выводы о форме и размере свода обрушения, а следовательно, и о весе породы внутри этого свода М. М. Протодьяконов проверил, как он писал в статье [31], «рядом пробных подсчетов действительно существующего в выработках крепления при самых разнообразных условиях и нашел полное согласие. Но какими бы правдоподобными ни казались теоретические построения, какие бы удачные результаты расчета ни получались, все же такому решению вопроса не хватало наглядности и ... осязательной очевидности для каждого, ибо к отвлеченным рассуждениям всегда склонны относиться с известным недоверием, тем более что в основе имеется несколько искусственное положение о несвязности горных пород».

М. М. Протодьяконов предпринял экспериментальное исследование явлений, связанных с образованием свода обрушения. Для этой цели он сконструировал специальный прибор — ящик, дно которого имело вырезы, закрывавшиеся пластинкой. Ящик заполнялся сыпучим телом (песок, льняное семя). Давление его на дно ящика измерялось при помощи весов. Детально изучив процессы, происходящие в сыпучих телах, Протодьяконов затем проанализировал, насколько полученные выводы можно распространить на тела, у которых между частицами есть некоторая связь. Ученый исследовал влияние глубины на величину давления, выявил границу постоянства давления, площади выреза, угла наклона и «неизменно, — как он указывал, — получал близко совпадающие результаты».

По поводу своей теории давления горных пород

М. М. Протодяконов говорил, что она подвергалась такой систематической проверке, как ни одна другая. Поэтому, какие бы сомнения ни высказывались кем-либо, какой бы критике ни подвергался вывод, «совпадение предлагаемых формул с наблюдениями остается неизбежным как факт» [31]. С такой неотразимой убедительностью обосновывал ученый свою теорию.

М. М. Протодяконов сделал выдающееся для того времени открытие, имевшее не только научное, но и глубоко практическое значение для таких важных отраслей человеческой деятельности, как горное дело, строительство железнодорожных туннелей и впоследствии метрополитена, военных сооружений и др.

Ученый впервые в мировой горно-технической литературе дал всесторонне исчерпывающий анализ явлений, возникающих в горных породах при нарушении их целостности подземными разработками. Он разработал теорию количественной характеристики горного давления, которая дала возможность устанавливать формы горных выработок, типы и размеры их крепления, способы борьбы с обрушениями.

В конце 20-х годов Протодяконов предпринял разбор существовавших многочисленных теорий горного давления, принадлежащих зарубежным авторам: Кулону, Бирбаумеру, Янсену, Греггеру, Энгессеру, Риттеру, Шульцу, Каммерелю, Леону, Вильгейму и др.

В своем труде «Давление горных пород и рудничное крепление» [46] ученый показал несовпадение получаемых результатов при применении этих теорий, сделав вывод о том, что разнообразие теорий обусловливается разнообразием исследователей. Один рассматривает породы как сплошные упругие тела, другой — как тела, не имеющие связи между частицами; один строит свои предположения о существовании естественного свода равновесия, другой — об опускающемся с трением столбе породы, третий — об отрывающемся от общей массы каком-то объеме породы и т. д. Каждый из авторов теорий логически рассуждает, выводит формулы, опирается на положения сопротивления материалов и получает данные, совершенно не похожие на результаты других. Создается впечатление, что задача в общем виде имеет неопределенный характер. «Вопрос, стало быть, в том, кто из авторов, строя гипотезу, правильно угадает, ибо на самом деле

явление все-таки совершенно определено. Совершенно ясно, что решить это может только опыт. И вот, как это ни странно, оказывается, что огромное большинство авторов, строя свою теорию, только бросало мысль и не пыталось даже посмотреть, что из этого выходит и насколько она оправдывается действительностью» [46, стр. 65].

Подтверждением сказанному явился опыт исчисления величины горного давления, проведенный М. М. Протодьяконовым для одного и того же случая по теориям разных авторов. Для опыта были взяты 9 ящиков разной высоты (от 1 до 30 см), наполненных песком с удельным весом 1,62 и коэффициентом крепости 0,617. В днищах ящиков прорезаны отверстия размером 4×4 см, которые закрывались пластинками. Пропуская песок через отверстие, М. М. Протодьяконов подсчитывал размер давления песка на вырез по разным теориям. Почти все полученные данные не совпадают с действительным положением вещей. «Можно сделать только один вывод,— писал М. М. Протодьяконов в отношении этих теорий,— забраковать их все и попробовать создать свою теорию, шаг за шагом сверяясь с действительными наблюдениями» [46, стр. 68].

Как известно, такая теория Михаилом Михайловичем была разработана. На протяжении многих лет с исключительной тщательностью М. М. Протодьяконов проверял свою теорию давления горных пород, отыскивал для нее все новые обоснования. В своем классическом труде «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленин указывал: «Точка зрения жизни, практики должна быть первой и основной точкой зрения теории познания. И она приводит неизбежно к материализму, отбрасывая с порога бесконечные измышления профессорской схоластики»<sup>21</sup>. Метод научного исследования М. М. Протодьяконова не расходился с указаниями В. И. Ленина. Это подтверждается всей его научной деятельностью.

Теория давления горных пород была создана М. М. Протодьяконовым применительно к условиям подземных работ, существовавшим в начале XX в. Тогда о механизации добычи угля не было и речи. Очистные забои имели малую длину, и скорость подвигания их была

<sup>21</sup> В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 145.

небольшой. В таких условиях наиболее существенное значение имело установившееся горное давление, для которого с достаточной для практики точностью подходит теория М. М. Протодяконова. Этим и объясняется успешность применения автором своей теории для расчета крепи из стоек в очистной выработке малой длины при небольшой высоте подэтажа.

Теория М. М. Протодяконова сохраняет свое значение и в наше время для выработок с установившимся горным давлением (наклонные выработки, продольные и др.). Однако она не может быть применена, например, для расчета крепи в современной механизированной угольной лаве длиной 100—200 м и более, забой которой подвигается со значительной скоростью. Здесь в движение приводятся огромные массы пород кровли, весьма велики конечные деформации пород, появляется необходимость искусственно управлять деформациями, горным давлением. Здесь нет установившегося горного давления, поэтому теория М. М. Протодяконова в целом уже не может быть применена. В корне изменились условия, и нужны новые, соответствующие им теории.

В широко известных «Материалах для Урочного Положения горных работ» ученый писал: «Вопрос о давлении пород на рудничную крепь еще не может считаться разрешенным. Указанное определение величины этого давления, предложенное автором в 1908 г., ...представляет собой не точный закон природы, а рабочую гипотезу, дающую наглядное представление о действии давления пород...» [38, стр. 6].

Теория давления горных пород М. М. Протодяконова — это определенный этап в учении о горном давлении. Проблема горного давления в современном ее состоянии включает более сложные задачи. К ним относятся: устойчивость выработок, определение наименьших размеров предохранительных целиков, определение величины первичного горного давления в функции времени, расчеты передвижной крепи и др. Решением этих и подобных им задач заняты в СССР многие научно-исследовательские коллективы.

## Исследования в области рудничного крепления

Исследования М. М. Протодьяконова в области давления горных пород неразрывно связаны с проблемами рудничного крепления, имеющего огромное значение для сохранения горных выработок и безопасности работ.

В многочисленных работах М. М. Протодьяконовым даны примеры приложения теории давления горных пород к расчету основных конструкций рудничной крепи: деревянного дверного оклада, рудничной стойки, каменной и бетонной сводчатой крепи, прямоугольного венца и цилиндрической каменной крепи в вертикальном стволе шахты и др.

К тому времени, когда М. М. Протодьяконов стал интересоваться вопросами давления горных пород и рудничного крепления, крепление в рудниках и шахтах производилось на чисто эмпирических началах. В большинстве курсов горного искусства и в справочниках по горному делу, как правило, не приводилось никаких формул для расчета рудничного крепления в зависимости от давления горных пород. В учебниках и справочниках были такие данные, как способы крепления выработок, материалы, применяемые для крепления, а также статистические показатели, установленные практическими наблюдениями (размер, вес, стоимость рудничной крепи).

М. В. Ломоносов в своем знаменитом труде «Первые основания металлургии, или рудных дел» [60] дал указания, как укреплять шахты и штольни. В статье А. Гернгросса «О добыче и обработке березовских золотых руд» [53], напечатанной в «Горном журнале» за 1834 г., говорится, что в случае рыхлых пород приходится устанавливать «весьма сильные крепи, устройство которых изменяется, смотря по твердости пород... крепи становятся проще и делаются слабее, ежели давление не так сильно с боков или сверху».

В 1843 г. А. И. Узатис издал курс горного искусства [54], в котором имеется весьма обстоятельная глава «Предохранение горных выработок от обвалов». В ней описаны многие конструкции рудничной крепи, даются сведения об устойчивых формах поперечных сечений горизонтальных и вертикальных выработок. Г. Я. Доро-

шенко приводит описание [55] конструкций крепей и условий применения ее в очистных выработках.

Лишь в статье И. Кржижановского «Исследование некоторых типов рудничной крепи в статическом отношении», опубликованной в 1895 г. в «Горном журнале» [61], расчетным путем доказано, что рудничная крепь удерживает только самую ничтожную часть вышележащих слоев породы (в очистных выработках при глубине в 300 м — около  $1/3000$  объемной части). Назначение ее — только препятствовать опусканию кровли. Этот весьма существенный вывод был положен в основу многих появившихся впоследствии теорий горного давления [62].

Труды М. М. Протодяконова в области крепления [17, 21, 27, 34, 38, 41, 45, 48, 63, 64] представляют собой энциклопедию крепежных работ, которая на протяжении многих лет служила справочным пособием для работников разных отраслей горнодобывающей промышленности. В этих трудах дается не только глубокий анализ всех сторон рудничного крепления с широким охватом различных производственных деталей, техники, экономики и организации этих работ, но и показывается умение находить оптимальные решения при самых сложных производственных ситуациях. Он указывает породы леса, пригодные для крепления выработок, выясняет, какие недостатки и болезни древесины делают ее непригодной для использования в качестве крепежного материала. М. М. Протодяконов разрабатывает целое учение о том, как испытывать крепежные лесные материалы на сопротивление сжатию, изгибу, растяжению, скалыванию, как проверять механические свойства леса. Много места в исследованиях уделяется вопросам долговечности рудничного крепления, указываются пути удлинения срока службы его (предохранение от гниения с помощью обугливания дерева, пропитка антисептиками, обмазывание и др.).

Помимо деревянных материалов, предназначенных для рудничного крепления, М. М. Протодяконов подробно рассматривает и каменные — кирпич, естественный камень, разные связующие — цемент, бетон, железобетон. В то время в практике рудничного крепления металл еще был редкостью, но перспективность его для Михаила Михайловича была очевидна. Поэтому он разбирает и свойства железных материалов, их упругость, временное сопротивление растяжению и сжатию и т. д.



Пользуясь при расчетах рудничного крепления методами строительной механики, М. М. Протодьяконов внес в эти расчеты многие оригинальные приемы и получил весьма простые, удобные для практических приложений, дающие минимальную погрешность расчетные формулы. В частности, речь идет о расчете стоек дверного оклада на совместное действие продольного и поперечного изгибов, о приближенном уравнении кривой давления при расчете бесшарнирных сводов, об окончательных формулах для расчета толщины каменных рудничных сводов и др.

Вот некоторые элементарные формулы, которые М. М. Протодьяконов предлагал для расчета рудничного крепления.

Определение числа стоек на  $1 \text{ м}^2$  площади очистного забоя:

$$N = \frac{8}{f}, \quad (1)$$

где  $f$  — коэффициент крепости пород кровли.

Определение площади ( $\text{м}^2$ ) очистного забоя на один крепежный костер:

$$S = 2,7 \frac{f}{m}, \quad (2)$$

где  $f$  — коэффициент крепости пород кровли;

$m$  — мощность пласта, м.

Определение диаметра (см) стоек для очистных работ:

$$d = 1,1 \sqrt{l}, \quad (3)$$

где  $l$  — длина стойки (см).

Определение расстояния (см) между дверными окладами при креплении штольнеобразных выработок:

$$L = 18f, \quad (4)$$

где  $f$  — коэффициент крепости пород кровли.

Определение диаметра (см) переклада при креплении штольнеобразных выработок дверными окладами:

$$D = \frac{0,56}{\sqrt[3]{k}} a, \quad (5)$$

где  $a$  — половина ширины выработки, см;  $k$  — прочное сопротивление изгибу материала оклада ( $k = 80 \text{ кг/см}^2$  при

креплении дубовым лесом и 60 кГ/см<sup>2</sup> при креплении сосной).

Определение диаметра (см) стойки дверного оклада:

$$d = 0,52a \sqrt[3]{\frac{L}{ak}}, \quad (6)$$

где значения букв те же, что и в формулах (4 и 5).

Безусловно, со временем появились более точные и более сложные расчеты. Однако ни у кого не вызывает сомнения, что формулы М. М. Протодяконова для расчета элементов крепления сыграли большую положительную роль в обеспечении безопасности горных работ. Ими длительное время пользовались производственники и проектировщики.

Особый интерес представляет работа Протодяконова «О некоторых замечательных соотношениях в деле крепления горных выработок» [41], где он говорит о том, что практика служит прекрасным проверочным средством для теории, ибо расхождения обнаруживаются незамедлительно и остается только решить, кто в данном случае ошибается. Теоретический анализ тоньше и шире, а главное, «сознательнее» опыта. Зато в опыте как преимущество выступает факт — очевидная неоспоримость. Приведем несколько примеров, взятых из указанной работы и иллюстрирующих метод автора.

Что, казалось бы, может быть произвольнее выбора толщины крепежного леса на практике? А между тем никакого произвола на самом деле нет. Выбор толщины стоек подчинен определенной закономерности. Вполне естественно, что короткие стойки следует брать тоньше, а длинные — толще. «Люди, — пишет автор, — не замечая того, инстинктивно стремятся к некоторому определенному соотношению» при подборе стоек.

Действительно, если сгруппировать данные множества наблюдений над креплением очистных и подготовительных выработок (например, для Донецкого бассейна), то становится очевидным возрастание диаметра стоек по мере увеличения их длины. Причем отношение квадрата толщины стойки к ее длине во всех случаях остается приблизительно постоянным, определяемым выражением критической силы для продольного изгиба по Эйлеру, если стержень имеет круглое сечение. Постоянство отношения квадрата толщины стойки к ее длине означает, что всякая

стойка, используемая в горном деле, может выдерживать одно, определенное давление. Если же давление меняется, то регулируется оно бóльшим или меньшим количеством стоек.

Возьмем еще один пример. М. М. Протодьяконов обработал многочисленные данные практики крепления горизонтальных выработок деревянными и металлическими дверными окладами и каменной сводчатой крепью в Донецком бассейне. Обработка заключалась в соответствующей группировке данных и вычислений величины давления на крепь путем перехода от размеров крепи к нагрузке, которую она выдерживает. Для каждого вида крепи бралось среднее давление. В результате оказалось, что при деревянном креплении давление пород средней крепости составляет  $0,074 \text{ кГ/см}^2$ , при металлическом (железными балками)  $0,35$  и при каменном сводчатом  $0,76 \text{ кГ/см}^2$  [41].

Таким образом, давление пород, рассчитанное по деревянному креплению, в среднем почти в 10 раз меньше рассчитанного по каменному сводчатому креплению. Конечно, такая разница в результатах подсчетов не может показывать действительной разницы в давлениях. Она отражает лишь тот факт, что запас прочности разных видов крепи на практике неодинаков. Протодьяконов писал: «Понять это можно: во-первых, камнем крепятся выработки наиболее важные, которые должны служить многие годы, во-вторых, в случае порчи ремонт каменного крепления крайне затруднителен» [41].

В дальнейшем М. М. Протодьяконов приходит к выводу, что «каменное сводчатое крепление рассчитывается на временное сопротивление деревянной крепи той же выработки».

М. М. Протодьяконов уделял большое внимание конструктивной и организационной частям рудничного крепления. В его обширной монографии «Крепление шахт и квершлаггов», входящей в многотомный труд «Описание Донецкого бассейна» [27], рассмотрены многочисленные конструкции различных видов крепи, вопросы организации работ и их стоимости.

Наконец, следует отметить составленный М. М. Протодьяконовым раздел «Крепление горных выработок» в «Справочнике по каменноугольному делу» [45], изданном в 1928 г. Здесь систематизирован обширный материал по

конструктивной, расчетной и экономической частям рудничного крепления, во многом сохраняющий свое значение и в настоящее время.

Научные разработки М. М. Протодяконова в области рудничного крепления сыграли огромную роль не только в упорядочении крепления очистных и подготовительных выработок, но и выработок капитальных, закрепленных как деревом, так и железобетоном. Аналитические расчеты крепления шахтных стволов, толщины разных видов каменного крепления, основанные на законах математики, физики, химии, сопротивления материалов, теоретической механики, явились прекрасной иллюстрацией инженерного мастерства ученого. Эти расчеты способствовали успешному решению практических задач горного производства.

### **Исследования по рудничному проветриванию**

Вопросы проветривания рудников, или рудничной вентиляции, занимают значительное место в научных исследованиях М. М. Протодяконова. Он считал, что рудничная вентиляция является «одним из самых важных и в то же время злополучных отделов горного искусства; важных потому, что небрежение здесь может повести к катастрофам, когда люди гибнут массами, не говоря уже о материальном ущербе; а злополучных потому, что фактически на рудниках проветривание находится в самом жалком состоянии» [30, стр. 3].

В конце XIX — начале XX в. в Донецком бассейне произошло множество рудничных катастроф, вызванных взрывами гремучего газа<sup>22</sup> и угольной пыли. Всего только за шесть лет (1901—1906) было зафиксировано 35 взрывов, в результате которых погибло 78 и было ранено 246 человек [65, 66]. Страшная катастрофа в шахте № 14-бис Рыковских копей, близ Юзовки (ныне Донецк), случившаяся в 1908 г., повлекла гибель 270 человек [4].

Анализ катастроф, проведенный Постоянной комисси-

---

<sup>22</sup> Гремучий, или рудничный газ, представляющий собой смесь метана  $\text{CH}_4$  с углеводородом, азотом и углекислотой, аналогичен газу, поднимающемуся со дна болот. В рудничной практике гремучий газ часто называют просто «метан».

ей по систематическому изучению вопросов, касающихся рудничных газов<sup>23</sup>, показал, что во всех случаях причиной их являлось несоответствие между вентиляционными условиями шахт и размерами газовыделений. Даже имеющиеся возможности проветривания выработок не могли быть использованы из-за плохого состояния вентиляционных устройств или нарушения правил вентиляции. Все это приводило к частому загазовыванию выработок, наличию в них больших объемов взрывчатой газозвоздушной смеси.

Детально изучая вопросы рудничной вентиляции в течение нескольких лет, М. М. Протодьяконов облек свое исследование в монографию-учебник «Курс проветривания рудников», который был опубликован в 1911 г. За сравнительно короткое время эта книга выдержала пять изданий и явилась крупным событием в развитии горной науки. «Курс» состоит из трех частей: теоретической, конструктивной и измерительной.

Теоретическая часть книги содержит учение о рудничном воздухе, гремучем газе и угольной пыли, а также учение о движении воздуха по выработкам (теория движения воздуха). Приводится расчет проветривания рудника.

Суть учения о рудничном воздухе заключается в следующем. Нормальный атмосферный воздух (если не считать газов аргона, гелия и др.) состоит по объему из 79% азота, 20,96% кислорода и 0,04% углекислоты. Кроме того, в нем находится постоянно изменяющееся количество водяного пара.

Проходя через рудник, этот воздух претерпевает изменения в своем составе: 1) в нем уменьшается количество кислорода, поглощаемого при дыхании людей и лошадей, работавших на откатке грузов, при горении ламп, взрывных работах, процессах окисления, происходящих в массиве угля и боковых породах, гниении органических веществ и т. п.; 2) он обогащается содержанием вредных газов, появляющихся в выработках либо в результате перечисленных процессов, либо выделяющихся непосредственно из угля и окружающих пород.

<sup>23</sup> Постоянная комиссия для систематического изучения вопросов, касающихся рудничных газов [4], была организована в конце 1901 г. при Горном ученом комитете в связи с участвовавшими случаями взрывов гремучего газа и угольной пыли в шахтах.

Всякое живое существо, вдыхая воздух, поглощает кислород и выдыхает углекислоту. Аналогичное явление имеет место и при горении ламп и свечей.

Подсчитывать теоретически количество воздуха, необходимого для замены испорченного, бесполезно. Следует руководствоваться нормами, выработанными практикой. Эти нормы обычно устанавливаются законодательным путем и являются обязательными для производителей. «Правилами для ведения горных работ в видах их безопасности» предусматривалась норма воздуха на одного человека, работающего в руднике —  $1 \text{ м}^3/\text{мин.}$ , на одну лошадь —  $4 \text{ м}^3/\text{мин.}$  Воздух признавался достаточно чистым, если содержал не менее 19% по объему кислорода и до 1,5% углекислоты.

Уменьшение содержания кислорода и увеличение углекислоты вызывает затруднение дыхания у людей, прекращает горение ламп и свечей, причем последние оказываются более «чувствительными» к недостатку кислорода, чем люди. Уже при содержании 17,6—17,1% кислорода свеча гаснет, в то время как дыхание происходит еще совершенно свободно. Некоторые признаки затрудненности дыхания начинаются только с 12%  $\text{O}_2$ . В отношении углекислоты наблюдается то же самое, хотя и в более слабой степени. В воздухе с содержанием углекислоты 1,5% становится трудно зажечь лампу, а предохранительную — почти совсем невозможно. Свеча гаснет при 2,83%  $\text{CO}_2$ , а при 5—6% гаснет и лампа. Смертельным для человека является содержание 10—15%  $\text{CO}_2$ , причем большую роль играет продолжительность пребывания в такой атмосфере.

Известно, что состав выдыхаемого человеком воздуха составляет 17% кислорода и 4% углекислоты. Следовательно, такой воздух человеческий организм «считает» как бы непригодным для себя. Поэтому в рудниках данная атмосфера уже вредна для человека.

Из изложенного следует, что источник света (лампа, свеча) является прекрасным предупреждающим средством: как только гаснет свеча или лампа, это сигнал к тому, что вентиляция ненормальная.

Протодряконов в своей работе рассмотрел также вопрос о гремучем, или рудничном, газе и о влиянии угольной пыли на взрывы гремучего газа. Для человека сам по себе гремучий газ не вреден, он представляет опа-

ность лишь в соединении с воздухом, образуя смесь, которая взрывается со страшной разрушительной силой при малейшей искре.

Наблюдения показывали, что при повышении барометрического давления количество газа в руднике убывает и, наоборот, при уменьшении давления — увеличивается. Отсюда, по мнению М. М. Протодьяконова, естественно было заключить, что изменения атмосферного давления непосредственно отражаются на выделении газа из угля и пород. Однако не все с этим были согласны. Французский исследователь Шателье считал, что существование такой зависимости противоречит самым элементарным законам физики, что изменение атмосферного давления, выражающегося сотыми долями атмосферы, никоим образом не может оказать значительного влияния на скорость выделения газа, находящегося в толще пород или угля под давлением в несколько десятков атмосфер.

М. М. Протодьяконов опровергает это утверждение и доказывает правильность своего вывода на примере старых уже заброшенных выработок с большим количеством газа. Давление в этих выработках близко к атмосферному, и потому всякие изменения последнего незамедлительно сказываются. При падении барометрического давления воздух в старых выработках расширяется и устремляется в рабочие выработки.

Что касается выделения газа из толщи угля, то рассуждения Шателье, объясняет М. М. Протодьяконов, были бы справедливы, если бы газ выходил в атмосферу под большим давлением, как, скажем, через отверстие сосуда, где он был сильно сжат. Однако в природе этого нет. Большое и малое (атмосферное) давления разделены значительной толщей угля, и истечение газа происходит именно через эту толщу угля, а не свободно. В таком случае передвижение газа зависит не от абсолютной величины давления, а от разности давлений в двух соседних пунктах: чем эта разность больше, тем быстрее передвигается газ. Замечено, что по мере приближения к обнаженной поверхности, давление постепенно падает и у самого забоя оно близко к атмосферному. Следовательно, разность давлений здесь не велика и указанного Шателье противоречия «элементарным законам физики» не существует. М. М. Протодьяконов логически стройно доказал правильность своего вы-

вода о влиянии атмосферного давления на выделение гремучего газа.

М. М. Протодяконов разобрал случаи внезапного появления гремучего газа в выработках: суффлярные выделения газа, скапливавшегося вблизи места подземных работ; прорывы газа, находившегося под большим давлением, через отделявший слой угля, а также из старых выработок, где образовывались большие скопления газа. В случае внезапного обрушения кровли на большом пространстве газ устремлялся в рудник, причем опасность увеличивалась превращением во взрывоопасную пыль больших количеств угля.

Останавливаясь на теории движения воздуха по выработкам, М. М. Протодяконов проводит мысль, что для воздуха, как и для любого газообразного вещества, величинами, определяющими его состояние, являются: давление, объем (или плотность) и температура. Эти три величины связаны между собою двумя уравнениями: законом Бойля — Мариотта и Гей-Люссака. Однако «для полной определенности необходимо еще третье уравнение, выражающее процесс изменения состояния газа». Поскольку «расчеты по проветриванию ведутся с самой грубой точностью», то «для вывода законов движения и распределения воздуха мы вправе взять любой процесс, и за таковой мы примем изопикнический, т. е. такой, когда плотность остается постоянной» [30, стр. 21]. Используя для обоснования своей теории теорему Бернулли (теорема живых сил), М. М. Протодяконов выводит из нее уравнение следующего вида:

$$z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\delta} = z_0 + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\delta}, \quad (1)$$

где  $z$  и  $z_0$  — расстояния центров тяжести до некоторой произвольно выбранной, но постоянной плоскости;  $v$  и  $v_0$  — скорости движения воздуха;  $p$  и  $p_0$  — внешние давления;  $\delta$  — плотность воздуха;  $g$  — ускорение силы тяжести (равное 9,81 м/сек).

Указанное уравнение М. М. Протодяконов считал слишком идеальным для рудника, так как в нем не учтена энергия, затрачиваемая на преодоление сопротивления движению в виде трения струи воздуха о стенки выработки. Поэтому он полагал, что в уравнение движе-



ния воздуха в руднике должен быть введен дополнительный член, выражающий потерю энергии на сопротивление. Этот коэффициент он назвал «высотой потерянного напора», или «сопротивлением движению», и обозначил через  $H_k$ .

В этом случае основное уравнение движения воздуха в руднике приобрело следующий вид:

$$z_0 + \frac{v_0^2}{2g} + \frac{p_0}{\delta} = z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\delta} + H_k. \quad (2)$$

Так как в уравнении все члены выражают высоты воздушных столбов, то и сопротивление движению также выражено через высоту такого столба.

Уравнение (2) сильно упрощается, когда его применяют специально для расчета проветривания рудников. «Во-первых,— пишет М. М. Протодяконов,— выработки чаще всего рассматриваются по отдельности, а в таком случае сечение оказывается постоянным и потому скорость одна и та же, т. е.  $v = v_0$ . Во-вторых, при подсчетах обыкновенно принимают, что все выработки рудника как бы расположены в одной горизонтальной плоскости, другими словами, пренебрегают действием естественной вентиляции» [30, стр. 24]. Если же учесть, что выработки фактически находятся на разных горизонтах, то всегда наблюдается стремление воздуха перемещаться снизу вверх (естественная тяга). В этом случае тяга воздушной струи значительно облегчает работу вентилятора. Если же представить, что выработки горизонтальные и находятся на одном горизонте, то естественной тяги не будет, а следовательно, вся работа по проветриванию придется на долю искусственной вентиляции, т. е. вентилятора. «Таким образом, сделанное допущение идет, так сказать, в запас». И если оно имеет место, значит,  $z = z_0$  и уравнение примет вид:

$$\frac{p_0}{\delta} - \frac{p}{\delta} = H_k. \quad (3)$$

Здесь все члены представлены высотами воздушных столбов в метрах. Величина же эта носит название депрессии. Обыкновенно ее предпочитали выражать в миллиметрах водяного столба, а не в метрах воздушного. Поэтому часто приходилось переходить от одной меры к

другой. Обозначив величину депрессии в миллиметрах водяного столба буквой  $h$ , а в метрах воздушного —  $H$ , Протодьяконов получил высоту водяного столба  $h/1000$  в метрах. Так как и воздушный, и водяной столб эквивалентны, можно сказать, что высоты обратно пропорциональны плотностям. Следовательно,

$$\frac{H}{\frac{h}{1000}} = \frac{1000}{\delta},$$

где 1000 — вес 1 см<sup>3</sup> воды, кг;  $\delta$  — вес 1 м<sup>3</sup> воздуха. В результате

$$H = \frac{h}{\delta}, \quad (4)$$

а формула (3) получила вид:

$$p_0 - p = h, \quad (5)$$

т. е. депрессия между двумя сечениями выработки равна разности давлений в них.

Подобным же образом М. М. Протодьяконов выводит и формулу сопротивления движению воздуха по выработкам.

Еще в начале XVIII в. Жираром и Добюисоном была выведена эмпирическая формула для труб, которая оказалась пригодной и для горных выработок. Вид этой формулы таков:

$$h = \alpha \frac{LP}{S} v^2, \quad (6)$$

т. е. сопротивление выработок прямо пропорционально их длине  $L$ , периметру  $P$  и квадрату скорости  $v$  и обратно пропорционально сечению  $S$ .

Поскольку  $h$  выражено в миллиметрах водяного столба, а остальные величины — в метрах, для уравнения введен коэффициент  $\alpha$ , который зависит от характера поверхности трения, т. е. от состояния стенок выработки, размеров сечения, изгибов выработки и т. п.<sup>24</sup>

Формула (6) — эмпирическая, но «правдоподобность ее, — писал М. М. Протодьяконов, — нетрудно представить себе и логически: действительно, сопротивление движению воздуха обуславливается трением о стенки выработ-

<sup>24</sup> Для рудников в целом коэффициент  $\alpha$  принимали равным 0,0018.

ки; следовательно, сопротивление должно быть тем больше, чем больше поверхность трения, а так как трение происходит по периферии выработки, то эта поверхность пропорциональна периметру выработки и ее длине. Далее, чем больше сечение, тем большее число частиц проходит без трения о стенки, а стало быть, сопротивление обратно пропорционально сечению. Наконец, пропорциональность квадрату скорости напрашивается сама собою по аналогии с теоремой Бернулли, и многократно проверялась на опыте» [30, стр. 25].

Так как количество протекающего в секунду воздуха равно  $\nu S$ , или  $Q$ , то формула (6) принимает следующий вид:

$$h = \alpha \frac{LP}{S^3} Q^2. \quad (7)$$

На примере этих формул можно видеть, насколько просто и доходчиво представлялись М. М. Протодяконовым инженерные расчеты, раскрывавшие огромные возможности для практики.

Конструктивная часть труда «Проветривание рудников» включает в себя подробный разбор всех важнейших элементов службы вентиляции в шахтах: горных выработок, по которым поступает воздух, принципов и схем работы шахтных вентиляторов, организации всасывающего и нагнетательного проветривания, устройства вентиляционных приспособлений (перемычек и перегородок, вентиляционных дверей, окон и труб и др.). Здесь же рассматриваются меры борьбы с гремучим газом и угольной пылью, выясняются причины повышения температуры в шахтах в зависимости от глубины выработок и устанавливаются общие правила проветривания рудников.

Третья часть работы М. М. Протодяконова «Проветривание рудников» — измерительная — представляет собой своеобразный научный трактат об определении свойств и состава рудничного воздуха, о технике взятия воздушных проб, об измерении давления, скорости и количества проходящего по выработкам воздуха. В этой же части дается подробное описание оборудования малых и больших испытательных станций и методов их работы по обслуживанию рудников, а также ставятся задачи научной разработки вопросов, связанных с проветриванием.

Труд «Проветривание рудников» М. М. Протодяконова — крупнейшее событие в развитии горной науки. Его задача — научить понимать явления рудничной аэрологии, дать знания о вентиляционных устройствах и о способах, позволяющих следить за состоянием вентиляции. Ни одно поколение горных инженеров выучилось по этому труду, им пользовалась и многочисленная армия горняков-практиков.

**М. М. Протодяконов — основоположник  
технического нормирования  
в горной промышленности**

Круг научных интересов М. М. Протодяконова не ограничивался вопросами крепости горных пород, горного давления, рудничного крепления и вентиляции. Он являлся крупнейшим теоретиком и основоположником технического нормирования в горной промышленности.

Вопросами технического нормирования М. М. Протодяконов начал заниматься еще будучи в Екатеринбургском высшем горном училище. В 1909 г. он выступил на страницах «Горного журнала» со статьей «Производительность забойщика по углю» [22], в которой научно обосновал зависимость производительности забойщика от горно-геологических факторов: мощности пласта, угла падения, крепости угля и др. «Если взять значительное число данных при всевозможных условиях, — писал Протодяконов, — то, группируя по одному какому-нибудь фактору, можно предполагать, что влияние остальных взаимно уравновешивается, и выступит только влияние одного взятого» [22, стр. 126].

Детальное исследование этого вопроса дало возможность М. М. Протодяконову определить влияние каждого из факторов. Так, анализируя фактор «мощность пласта», М. М. Протодяконов установил следующую закономерность: при пластах тонких и средних (до 1,1 м) вырабатываемая площадь остается постоянной и производительность в пудах пропорциональна мощности пласта; при мощности свыше 1,1 м постоянны пуды, площадь же обратно пропорциональна мощности. Поэтому наиболее продуктивными пластами М. М. Протодяконов считал пласты мощностью 0,90—1,1 м [22, стр. 128].

Вывод этот подтверждался данными практики при наблюдении за работой забойщика. В тонких пластах забойщику приходилось отбивать меньшую по мощности пачку угля, но работа осложнялась теснотой пространства; в средних — масса угля больше, но и работать удобнее; в пластах же большой мощности условия для работы мало отличаются от предыдущих, следовательно, количество вырабатываемой продукции остается прежним, но площадь сокращается. Поскольку мощные пласты сравнительно редко бывают без прослоек, то и работу забойщику чаще всего приходится вести в несколько приемов, в результате чего снижается его производительность труда.

По фактору «угол падения» анализ показал, что при пологих пластах производительность забойщика несколько падает с возрастанием угла падения. Пластами же наименее продуктивными являются те, у которых угол падения 25—35°, ибо в данном случае вспомогательные работы (отгребка и доставка угля, крепление и т. п.) косвенно снижают производительность труда забойщика. При пластах с углом падения свыше 35° производительность возрастает по мере увеличения угла падения.

Что касается фактора «крепость угля», то М. М. Протодьяконов считал, что вопрос этот наиболее важный, так как влияние крепости угля на производительность забойщика наибольшее, и трудный для решения ввиду отсутствия какой-либо установленной меры крепости и анализа сравнения пластов между собою. «Поэтому,— писал Протодьяконов,— все, что можно сделать,— это установить сколько-нибудь пределы колебаний производительности в зависимости от этого фактора» [22, стр. 130].

В условиях дореволюционной России не было научных работ по вопросам технического нормирования в горной промышленности. В составлении норм царил хаос. Повышение производительности достигалось безудержной эксплуатацией рабочих и хищническими методами добычи полезных ископаемых. М. М. Протодьяконову приходилось с большим трудом доказывать пользу научного подхода к вопросам нормирования.

В корне изменилось положение дел при социалистической организации труда, основанной на совершенно новых принципах нормирования и оплаты. По выражению М. М. Протодьяконова, «пришла необходимость установления справедливого расценка» на работы.

М. М. Протодяконов разработал методику по составлению норм выработки на разные горные работы. Составление норм — нелегкое, кропотливое дело, особенно если учесть разнообразие горно-геологических условий в различных угольных бассейнах нашей страны. Нужно было составить нормы, отражающие влияние на производительность труда важнейших факторов, характерных для того или иного вида работ. Руководствуясь методикой Протодяконова, во всех угольных бассейнах приступили к составлению сборников норм. Сам ученый внимательно следил за этой работой, вносил коррективы в методику, анализировал результаты работы, написал ряд статей по этому вопросу [42, 67, 68, 69].

Значительные исследования по вопросам технического нормирования были проведены М. М. Протодяконовым в начале 20-х годов, результатом которых явились «Материалы для Урочного Положения горных работ». В этом труде обобщены результаты большого количества хронометражных наблюдений за различными операциями по добыче угля, креплению выработок, подземному транспорту и установлены нормы выработки и времени для них с учетом зависимости от основных факторов.

Значение «Материалов для Урочного Положения горных работ» в методологическом отношении было исключительно велико. Выведенные на основании практических наблюдений формулы сохранили свое значение для целого ряда операций и по сей день.

Приступая к анализу материалов, которые М. М. Протодяконов намеревался затем положить в основу Урочного Положения, он в ряде статей и докладов указывал на важность и необходимость создания именно такого Положения как руководства не только для расценок разных горных работ, но и для наилучшей организации их. Положения, выдвинутые Протодяконовым, встретили возражения со стороны некоторых горных специалистов, которые считали, что единых норм в горном деле не может быть в силу специфических условий на каждом горном предприятии. Они доказывали, что норма только тогда верна, когда она учитывает все особенности производственного процесса, в том числе даже и такие, как наличие технических неполадок, простой рабочих и механизмов по разным причинам и др. По сути это являлось поощрением некоторых нежелательных явлений и отста-

лых методов работы, которые имели место на отдельных горных предприятиях. Это был прямой отказ от технического нормирования.

Отвечая своим противникам, М. М. Протодяконов отмечал, что норма должна содействовать прогрессу, быть передовой и ни в коем случае не узаконивать отсталое. Протодяконов писал, что вопрос о нормах всегда был жизнен, а революция в России особенно выдвинула его, ибо при государственном ведении дел вместо прежнего соглашения между рабочими и шахтовладельцами встал планомерный расценоч работ, который невозможен без твердо установленных норм [67].

Против положений М. М. Протодяконова относительно технического нормирования выступил, в частности, инженер И. С. Покровский [70, 71]. Он утверждал, что Урочное Положение в применении, например, к подземному транспорту не даст разумных норм, так как здесь не учитываются такие факторы, как состояние вагонеток, система смазки, наклон штреков, наличие разъездов и стрелок, радиусы поворотов, наличие откаточных плит и т. д. Покровский отрицал возможность существования единых твердых норм. Он считал, что каждая шахта должна иметь свои нормы и расценки, полученные из опыта ее работы.

М. М. Протодяконов писал: «Нормы т. Покровского должны узаконить существующее, хотя бы оно и было ненормальным... Не норма Урочного Положения должна учитывать все коряво насланные пути т. Покровского, а этот последний должен держать свою шахту в нормальном состоянии. В этом вся суть» [68, стр. 293].

М. М. Протодяконов понимал под техническим нормированием науку о нормировании затрат не только живого труда (нормы выработки и времени для рабочих), но и овеществленного (нормативы расхода материалов, энергии, инструментов и т. п.), т. е. науку о нормировании всех элементов производственного процесса. Он искал и нашел пути к установлению твердых норм в горном деле.

Весьма показателен перечень нормативов, разработанных М. М. Протодяконовым для буро-взрывных работ. Кроме норм выработки для рабочих-бурильщиков, в этот перечень вошли нормативы: величина заряда на 1 шпур, глубина шпура, число шпуров на 1 м<sup>2</sup> площади забоя, количество взрывчатого вещества на 1 м<sup>3</sup> взрывае- мой

СОЮЗ ГОРНОРАБОЧИХ СССР  
ВСЕСОЮЗНОЕ ГОРНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

БИБЛИОТЕКА „ГОРНОГО ЖУРНАЛА“

ПРОТОДЬЯКОНОВ М. М., проф

СОСТАВЛЕНИЕ ГОРНЫХ НОРМ  
И  
ПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИ

ИЗДАНИЕ ПЕРВОЕ  
(ПОСМЕРТНОЕ)



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА 1930

*Титульный лист книги М. М. Протоdjяконова «Составление горных норм и пользование ими»*

породы, расстояние между шпурами, угол наклона шпура, подвигание забоя в результате взрывания шпуров, объем взорванной породы на 1 шпур, количество детонаторов и шнура для взрывания на 1 шпур.

М. М. Протоdjяконов правильно понимал сущность и значение технического нормирования. Он видел в нормах могучее средство повышения эффективности работы пред-



приятия, средство к улучшению социалистического производства, социалистических производственных отношений.

При разработке вопросов технического нормирования М. М. Протодьяконов использовал так называемый статистический метод. В 1926 г. он написал статью «О статистическом методе применительно к составлению норм в горном деле» [42], а в 1930 г. вышел его труд «Составление горных норм и пользование ими» [72]. И в той, и другой работах довольно подробно изложена сущность этого метода.

В основе метода лежало учение о среднеарифметической величине. Накапливалось определенное количество эмпирических данных, характеризовавших работу, для которой устанавливалась норма. Все сведения разбивались на группы по тому фактору, влияние которого хотели изучить. Допустим, ставилась задача определения зависимости производительности забойщика от мощности пласта. В этом случае множество данных с разных рудоуправлений, собранных при самых разнообразных условиях, разбивалось на группы по мощности пласта. В каждую группу остальные факторы (угол падения пласта, крепость угля, кливаж, боковые породы, условия рабочего места и т. д.) попадали без всякого порядка. Если в такой группе бралось среднее арифметическое производительности, то оно относилось к какому-то среднему углу падения, средней крепости угля, среднему кливажу и т. д. И так в каждой группе. Следовательно, все группы находились как бы в одинаковых условиях, и разница в цифрах производительности по ним обуславливалась исключительно влиянием выделенного фактора.

М. М. Протодьяконов поясняет, что мощность пласта, угол падения, кливаж и прочие факторы никак не могут быть зависимы друг от друга, ибо не стоят между собой ни в какой причинной связи. Однако при различных углах падения влияние мощности на производительность рабочего будет неодинаково.

Математически Протодьяконов выражает это так. Пусть

$$A = f(x, y, z, \dots), \quad (1)$$

где  $A$  — производительность забойщика;  $x, y, z, \dots$  — факторы, влияющие на производительность. При  $y = y_1$

зависимость от  $x$

$$A' = f(x, y_1, z, \dots)$$

будет иная, чем при  $y = y_2$ ,

$$A'' = f(x, y_2, z, \dots).$$

Это обычное свойство зависимости от нескольких переменных, хотя бы они и были независимы друг от друга.

Метод М. М. Протодьяконова состоит в том, что, делая статистический подсчет по группам, он находил ряд числовых значений

$$A_1 = f(x_1, y_0, z_0, \dots),$$

$$A_2 = f(x_2, y_0, z_0, \dots),$$

$$A_3 = f(x_3, y_0, z_0, \dots),$$

где  $y_0, z_0$  — средние величины из всех значений  $y, z, \dots$  и как таковые постоянны во всех группах. Изучая изменения  $A_1, A_2, A_3, \dots$ , Протодьяконов обнаружил зависимость

$$A = f(x, y_0, z_0, \dots), \quad (2)$$

где переменная только одна —  $x$ . Таким образом, находилось не общее выражение (1), а лишь частное (2).

В статье М. М. Протодьяконова «К вопросу о производительности забойщика по углю» [73] приведены данные по 56 крутым пластам Донбасса. Для выяснения зависимости производительности забойщика от мощности пласта все данные разбивались на шесть групп по мощности, и в каждой из них были взяты средние арифметические. Несмотря на небольшое число наблюдений, факторы в каждой группе явно уравнивались: вместо отдельных колебаний от 0,6 до 1,8 крепость угля по группам стала близкой между собой 1,23—1,6—1,20—1,14—1,29—1,18, т. е. средние данные всех групп одинаково относились к среднему углю с коэффициентом крепости  $f=1,2$ ; равным образом и угол падения пласта, колебавшийся от 33 до 74°, стал по группам варьировать гораздо слабее 60—60—51—56—64—74°; в среднем брался угол, равный 60°. В результате изменение производительности по группам было приписано исключительно влиянию мощности пласта: по мере уменьшения

мощности убывала и производительность забойщика.

Мощность (м)	0,72	0,60	0,51	0,42	0,37	0,27
Производительность (пуды) <sup>25</sup>	496	423	365	296	229	205

М. М. Протодьяконов, сгруппировав те же самые данные по крепости угля, получил аналогичное влияние и этого фактора. «Итак, изложенный метод... привел нас к весьма ценным выводам: мы получили в чистом виде, вне других обстоятельств, зависимость производительности от каждого из интересовавших нас факторов при средних значениях остальных».

В совершенстве владея методом математической статистики, М. М. Протодьяконов зачастую облачал в математические формулы выводы из разрабатываемых им вопросов. Он широко применял выборочный метод изучения явлений; не включал в анализ сомнительные случаи, которые могли исказить конечный результат расчета.

При изучении явлений и факторов, влияющих на норму, М. М. Протодьяконов часто применял метод вариационных рядов, давая для каждой совокупности изучаемых явлений наиболее выгодное распределение по определенному признаку. Вместе с тем он широко пользовался теорией средних величин для характеристики целой совокупности, а также теорией кривых и сглаживанием последних методом наименьших квадратов. При этом он применял полиномы:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots + ex^{n-1} + kx^n,$$

где  $y$  — величина искомой нормы;  $x$  — величина фактора, влияющего на норму;  $a, b, c, d, e, k$  — коэффициенты, определяемые системой уравнений.

Формулы, которыми пользовался М. М. Протодьяконов для сглаживания кривых, представлены в табл. 4 [1, стр. 51]. Они весьма просты и являются логическим выражением поэтапных разработок в нормировании отдельных видов работ.

Поскольку эмпирические данные, получавшиеся Протодьяконовым, имели определенные числовые значения, ве-

<sup>25</sup> М. М. Протодьяконов приводит производительность забойщика, работавшего вручную. Во избежание искажений размерность нами оставлена в пудах.

Таблица 4

Вид сглаживающей кривой	Основная формула для расчета сглаживающей кривой	Вспомогательные формулы для расчета величины коэффициентов $a, b, c, d, e, k$ и др.
График, построенный по эмпирическим данным, имеет вид прямой линии, не требующей сглаживания	$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$	—
График, построенный по эмпирическим данным, имеет вид ломаной, сглаживаемой в прямую	$y = a + bx$	$\Sigma y = a \Sigma n + b \Sigma x$ $\Sigma yx = a \Sigma x + b \Sigma x^2$
График, построенный по эмпирическим данным, имеет вид ломаной, сглаживаемой в параболическую кривую второй степени	$y = a + bx + cx^2$	$\Sigma y = a \Sigma n + b \Sigma x + c \Sigma x^2$ $\Sigma yx = a \Sigma x + b \Sigma x^2 + c \Sigma x^3$ $\Sigma yx^2 = a \Sigma x^2 + b \Sigma x^3 + c \Sigma x^4$
График, построенный по эмпирическим данным, имеет вид ломаной, сглаживаемой в кривую третьей степени	$y = a + bx + cx^2 + dx^3$	$\Sigma y = a \Sigma n + b \Sigma x + c \Sigma x^2 + d \Sigma x^3$ $\Sigma yx = a \Sigma x + b \Sigma x^2 + c \Sigma x^3 + d \Sigma x^4$ $\Sigma yx^2 = a \Sigma x^2 + b \Sigma x^3 + c \Sigma x^4 + d \Sigma x^5$ $\Sigma yx^3 = a \Sigma x^3 + b \Sigma x^4 + c \Sigma x^5 + d \Sigma x^6$
График, построенный по эмпирическим данным, имеет вид ломаной, сглаживаемой в гиперболическую кривую	$y = a + \frac{b}{x}$	$\Sigma y = a \Sigma n + b \Sigma \frac{1}{x}$ $\Sigma y \frac{1}{x} = a \Sigma \frac{1}{x} + b \Sigma \frac{1}{x^2}$

Примечание. Во всех формулах  $n$  — общее число всех эмпирических данных.

личина которых зависела от определенных факторов также с известным значением, было возможно произвести графический анализ по каждому фактору в отдельности, а следовательно получить соответствующую ломаную линию, сглаживаемую в плавную кривую. Математическое выражение такой кривой получалось по одной из формул, приведенных в табл. 4.

Статистический метод М. М. Протодяконова был для того времени значительным шагом вперед, так как указывал конкретный путь к установлению норм в горном деле. В настоящее время, когда в корне изменились условия развития советского хозяйства, простые среднеарифметические величины как показатели нормы оказываются недостаточными.

В основу математического метода теперь кладется учение о среднепрогрессивных величинах. Здесь необходимо оговориться. Не всякая совокупность явлений может ныне служить базой для установления норм, ибо часто в этой совокупности обнаруживаются явления случайные, отражающие отсталость и неорганизованность, что, безусловно, мешает определению действительных передовых среднепрогрессивных норм.

К какому бы виду работы не относилась норма, она всегда находится в определенной зависимости от разных факторов, из которых одни действуют в сторону увеличения нормы, а другие — в сторону ее снижения [1]. Норма только тогда устойчива и прогрессивна, когда она составлена с учетом важнейших факторов<sup>26</sup>, которые влияют на ее величину. Стремление же к учету всех факторов, порой самых незначительных, приводит к разнобою в нормах выработки, в расценках, к их неустойчивости.

Протодяконов нашел правильный подход к определению норм в зависимости только от небольшого числа основных факторов. Изучая зависимость производительности труда забойщика от разных условий, он сосредоточил свое внимание только на четырех основных факторах: мощности пласта, крепости угля, угле падения пласта и числе «кутков», которые должен выработать забойщик.

Для выражения величины той или иной нормы М. М. Протодяконов предложил ряд формул.

Формула для определения числа шпуров на единицу площади забоя при ограниченной поверхности последнего и при механическом бурении шпуров:

$$n = 2,7 \sqrt{\frac{f}{S}}, \quad (1)$$

---

<sup>26</sup> Учесть влияние всех факторов невозможно и нецелесообразно, ибо это не только усложняет расчеты норм, но и затрудняет определение влияния основных факторов.

где  $f$  — коэффициент крепости пород;  $S$  — площадь забоя, м<sup>2</sup>.

Из формулы видно, что при определении нормы учитываются всего два основных фактора: крепость пород и поперечное сечение забоя.

Формула для установления нормальной глубины (м) шпуров:

$$l = \frac{0,085d}{\sqrt{f}}, \quad (2)$$

где  $d$  — диаметр шпура, мм;  $f$  — коэффициент крепости пород.

И в данном случае норматив определен в зависимости от двух основных факторов.

Формула для определения размера трудовых затрат (в чел.-сменах) на перелопачивание 1 т угля или породы:

$$A = 0,062 \frac{[1 \pm \cos(73^\circ + \alpha)] \sqrt{L}}{m},^{27}$$

где  $L$  — расстояние, на которое перелопачивается уголь или порода, м;  $m$  — мощность пласта, мм;  $\alpha$  — угол падения пласта, в градусах.

В этом случае учитываются три фактора: расстояние перелопачивания, мощность пласта и угол падения.

Формулы М. М. Протоdjяконова были доступны для понимания не только дипломированным специалистам, но и практикам. По поводу своих формул для расчета норм М. М. Протоdjяконов в предисловии к «Материалам для Урочного Положения горных работ» писал: «Инженерам, практикам в их повседневной, напряженной работе некогда возиться с алгебраическими выкладками, и если формула сложна, то практик, пожалуй, охотнее вернется к «соображению». Поэтому формулы настоящего «Положения» умышленно взяты самые немудрые; я жертвовал до известной степени точностью — простоте» [37, стр. IV].

Принимая нормирование как средство для правильной организации труда и удешевления производства, М. М. Протоdjяконов не ограничивался простым установлением норм, а дополнял каждую разработанную им нор-

<sup>27</sup> В выражении  $[1 \pm \cos(73^\circ + \alpha)]$  знак «плюс» берется при углах  $\alpha$  до  $17^\circ$ , а «минус» — при углах  $\alpha$  свыше  $17^\circ$  [37, стр. 137].

му перечнем тех операций, которые входили в обязанности работника. Например, в обязанности забойщика по углю входило не только отделение угля от общей массы пласта, но и отбрасывание (где требовалось) добытого угля от забоя настолько, чтобы можно было освободить пространство для работы, постановка забойщицкой крепи в очистных работах, где это необходимо сделать сразу после выемки угля, и постановка обычного крепления дверными окладами в подготовительных выработках.

Такая расшифровка обязанностей в условиях того времени способствовала организации труда горнорабочего, выявлению его квалификации, установлению для него тарифной ставки или сдельной расценки работы.

Рассчитывая нормы, Протодяконов искал пути удешевления производства, указывал на возможные неполадки в работе, учил, как надо экономить рабочее время, предупреждая те или иные неполадки.

Большое значение М. М. Протодяконов придавал срокам амортизации механизмов. Он разработал нормы производительности для машин и механизмов и определил размер амортизационных отчислений для обновления парка машин и для их ремонта [74].

## Заключение

---

Тридцать лет отдал Михаил Михайлович Протодьяконов развитию отечественной горной науки, подготовке горных инженеров и техников, прогрессу горнодобывающей промышленности. Находясь у истоков организации советской горной науки, он вместе с лучшей частью старой творческой интеллигенции включился после победы Великой Октябрьской социалистической революции в строительство новой жизни в нашей стране.

Характерная черта научной деятельности М. М. Протодьяконова — стремление ввести теоретическую основу и рациональный расчет в выработанные практикой правила горного искусства. «Пора горному искусству переходить на степень науки из того состояния грубого эмпиризма, в котором оно так долго находилось», — писал М. М. Протодьяконов [30, стр. 3]. Но при этом он всегда был против чрезмерного отвлеченного теоретизирования и неизменно проводил мысль, что «точность метода должна соответствовать точности данных». Ученый считал, что в таких науках, как горная, лучше дать, не отрываясь ни на минуту от практических данных, приближенную рабочую теорию, которая была бы проста и удобна для повседневного пользования, чем углубляться в слишком сложный анализ, который рисковал бы остаться без практического применения.

Для М. М. Протодьяконова как ученого характерным являлось и то, что его внимание всегда привлекали вопросы (скорее проблемы) малоизученные, неразработанные, актуальность которых ни у кого не вызывала сомнения. И он занимался тем или иным вопросом (порой комплексом вопросов) уже на протяжении всей своей жиз-



ни, углубляя и расширяя его рамки, оставляя на некоторое время, чтобы затем снова вернуться к нему. Так было и с проблемами крепости горных пород, и с горным давлением, и с креплением выработок, и с проветриванием рудников, и с техническим нормированием в горной промышленности.

Непрерывный поиск нового, творческое богатство и неутомимая энергия — вот что было присуще М. М. Протодяконову как ученому.

Труды Михаила Михайловича Протодяконова во многом способствовали тому, что горная наука в настоящее время решает большие задачи, поставленные перед ней партией и правительством.

Богатое творческое наследие ученого с успехом разрабатывается его учениками и последователями, и это является лучшим памятником ему.

Михаилу Михайловичу Протодяконову посвящен сборник трудов ученых-горняков «Вопросы разрушения и давления горных пород», вышедший к 25-летию со дня смерти профессора.

В канун 100-летия со дня рождения Михаила Михайловича Протодяконова мы отдаем должное неутомимому ученому и педагогу, с именем которого связано становление и развитие отечественной горной науки.

## Основные даты жизни и деятельности М. М. Протодяконова

---

- 1874 4 октября (22 сентября по ст. ст.) — родился М. М. Протодяконов.
- 1883 поступил в подготовительный класс Екатеринбургской (ныне г. Свердловск) гимназии.
- 1893 окончил классическую гимназию в Уфе и поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета.
- 1894 по конкурсным экзаменам перешел в Петербургский горный институт.
- 1899 окончил Петербургский горный институт.
- 1900 поступил на службу в частное Терское горнопромышленное общество на Кавказе в качестве заведующего отделом.
- 1902 заведовал всеми рудниками Терского общества.
- 1904 начало педагогической и научной деятельности в Екатеринославском высшем горном училище в качестве ассистента по кафедре горного искусства.
- 1905 командирован на два месяца в Германию, Австрию, Италию и Испанию для совершенствования в горных науках.
- 1907 выход в свет книги «Давление горных пород на рудничную крепь».
- 1908 27 января — защитил диссертацию «Давление горных пород на рудничную крепь» в Петербургском горном институте на степень адъюнкта горного искусства;  
2 мая — избран экстраординарным профессором Екатеринославского высшего горного училища по кафедре горного искусства;  
12 мая — утвержден экстраординарным профессором по горному искусству.  
12 октября — вступил в брак с Зоей Николаевной Холмской.
- 1909 назначен редактором «Известий Екатеринославского высшего горного училища».  
27 ноября — назначен ординарным профессором.

- 1910 участвовал в работе I Всероссийского съезда по горному делу, металлургии и машиностроению.
- 1911 командирован сроком на три месяца в Донецкий бассейн для участия в комиссии по обследованию рудников; выход в свет книги «Курс проветривания рудников».
- 1912 командирован на три месяца в Донецкий бассейн для участия в комиссии по осмотру газовых копей; 1 июля — назначен профессором высшего оклада по кафедре горного искусства, секретарем горного факультета Горного института, секретарем Ученого совета.
- 1913 14—27 апреля — участвовал в работе II Всероссийского съезда по горному делу, металлургии и машиностроению.
- 1914 выход в свет капитальной монографии «Описание Донецкого бассейна», том I, вып. 1. Проходка шахт и квершлагов; по состоянию здоровья переехал на постоянное местожительство в г. Ташкент.
- 1916 выход в свет «Описания Донецкого бассейна», т. I, вып. 2. Крепление шахт и квершлагов.
- 1918 1 декабря — поступил на службу в горный отдел Директории по топливу в качестве заведующего технической секцией; 18 декабря — начал читать лекции по геологии в Туркестанском народном университете.
- 1919 по поручению горного отдела Директории по топливу организовал и возглавил курсы горных десятников в Ташкенте; читал лекции по геологии на курсах экскурсионных учителей в Ташкенте; организовал горное отделение на техническом факультете Туркестанского народного университета; читал лекции по горному искусству на горном отделении технического факультета Туркестанского народного университета; читал лекции по геологии на военно-топографических курсах в Ташкенте.
- 1920 назначен консультантом горного отдела Директории по топливу со специальным поручением составить описание горных предприятий Туркестанского края; избран деканом технического факультета Туркестанского государственного университета.
- 1922 с преобразованием Горного отдела назначен консультантом Центрального совета народного хозяйства в Ташкенте.
- 1925 избран на два года членом правления Среднеазиатского государственного университета по учено-учебной части; начал читать лекции по горному искусству в Московской горной академии; зачислен профессором-консультантом Донугля в Харькове.

- 1926 выход в свет трех книг «Материалов для Урочного Положения горных работ».
- 1927 назначен членом президиума Научно-технического совета каменноугольной промышленности ВСНХ в Москве.
- 1928 избран председателем Среднеазиатского бюро инженерно-технической секции Союза горнорабочих;  
опубликовал раздел «Крепление горных выработок» в книге «Справочник по каменноугольному делу».
- 1930 выход в свет труда «Давление горных пород и рудничное крепление»;  
5 апреля Михаил Михайлович Протодюконов скончался в Ташкенте.

## Литература

---

1. *А. А. Зворыкин, Д. М. Киржнер.* Михаил Михайлович Прото-  
дьяконов (1874—1930). М., Углетехиздат, 1951.
2. В память 150-летнего юбилея Горного института в Петрограде  
(1773—1923).— «Горный журнал», 1923, № 11.
3. *Б. А. Розенгретер.* Александр Митрофанович Терпигорев  
(1873—1959). М., «Наука», 1965.
4. *Г. Д. Лидин.* Александр Александрович Скочинский (1874—  
1960). М., «Наука», 1969.
5. *Е. С. Гендлер.* Профессор Михаил Михайлович Прото-  
дьяконов (к годовщине со дня смерти).— «Горный журнал», 1931, № 4.
6. *А. М. Терпигорев.* Памяти профессора М. М. Прото-  
дьяконова.— «Уголь», 1930, № 5.
7. Днепропетровский горный институт им. Артема (1899—1949).  
Под ред. П. Г. Нестеренко. Днепропетровск, 1949.
8. *П. Г. Рубин.* Исторический очерк возникновения Екате-  
ринославского высшего горного училища и его деятельности за  
первое десятилетие (1899—1909). Екатеринослав, 1909.
9. Отчет о состоянии и действиях Екатеринославского высшего  
горного училища за 1904 г. Екатеринослав, 1905.
10. *М. М. Прото-дьяконов.* Горные речки центральной части Север-  
ного Кавказа и некоторые особенности эксплуатации их энер-  
гии.— «Горный журнал», 1904, т. 4, № 11.
11. *М. М. Прото-дьяконов.* К вопросу об определении оруднения  
жильных месторождений.— «Записки Екатеринославского от-  
деления Русского технического общества», 1905, № 1—2.
12. *М. М. Прото-дьяконов.* Фаснальская рудообогатительная фаб-  
рика.— «Сб. технических статей Горнозаводского листка», 1905,  
№ 2—3.
13. *М. М. Прото-дьяконов.* Серебро-свинцовые рудники Терского  
горнопромышленного акционерного общества.— «Сб. техниче-  
ских статей Горнозаводского листка», 1906, № 9—12.
14. *М. М. Прото-дьяконов.* О некоторых попытках применения ма-  
тематики к горному искусству.— «Записки Екатеринославско-

- го отделения Русского технического общества», 1906, № 3—5.
15. *М. М. Протодяконов*. Условия свинцово-рудного дела за границей и сравнение их с русскими.— «Известия Екатеринославского высшего горного училища за 1907 год». Год 3, вып. I. Екатеринослав, 1907.
  16. *С. И. Тельный*. Научная жизнь Екатеринославского горного института за истекшие 25 лет его существования.— «Известия Екатеринославского горного института им. Артема», т. XIV, юбил. выпуск, 1899—1924 гг., ч. I. Екатеринослав, 1924.
  17. *М. М. Протодяконов*. Давление горных пород на рудничную крепь (Теория рудничного крепления). Екатеринослав, 1907.
  18. Известия Екатеринославского высшего горного училища за 1909 год. Год 5, вып. II. Екатеринослав, 1910.
  19. Отчет о состоянии и действиях Екатеринославского высшего горного училища за 1909 год.— «Известия Екатеринославского высшего училища за 1910 год». Год 6, вып. 1. Екатеринослав, 1910.
  20. *М. М. Протодяконов*. Давление горных пород на рудничную крепь (теория рудничного крепления).— «Известия Екатеринославского высшего горного училища за 1908 год». Год 4, вып. 1. Екатеринослав, 1908.
  21. *М. М. Протодяконов*. Давление горных пород на рудничную крепь.— «Горный журнал», 1909, т. 3, № 8.
  22. *М. М. Протодяконов*. Производительность забойщика по углю.— «Горный журнал», 1909, т. 4, № 11.
  23. Южно-русская областная сельскохозяйственная промышленная и кустарная выставка 1910 года в Екатеринославе. (Альбом — книга). Екатеринослав, 1912.
  24. *М. М. Протодяконов*. Крепость горных пород с точки зрения горного искусства.— «Труды съезда деятелей по горному делу, металлургии и машиностроению». Екатеринослав, 1911.
  25. *М. М. Протодяконов*. Производительность забойщика по углю.— «Труды съезда деятелей по горному делу, металлургии и машиностроению». Екатеринослав, 1911.
  26. «Описание Донецкого бассейна», т. I, вып. 1. Проходка шахт и квершлагов. Сост. проф. М. М. Протодяконов по материалам Совета съезда горнопромышленников Юга России. Харьков — Екатеринослав, 1914.
  27. «Описание Донецкого бассейна», т. I, вып. 2. Крепление шахт и квершлагов. Сост. проф. М. М. Протодяконов по материалам Совета съезда горнопромышленников Юга России. Харьков — Екатеринослав, 1916.
  28. *М. М. Протодяконов*. Испытание бурильных молотков на областной выставке в Екатеринославе в 1910 г.— «Горнозаводское дело», 1910, № 43.
  29. *М. М. Протодяконов*. Второе испытание бурильных молотков

на областной выставке в Екатеринославе в 1910 г.— «Горно-заводское дело», 1910, № 45.

30. *М. М. Протодяконов*. Курс проветривания рудников, изд. 1. Екатеринослав, 1911.
31. *М. М. Протодяконов*. Попытки опытного исследования законов давления пород на горные выработки.— «Горный журнал», 1912, т. 2, № 4—5.
32. *М. М. Протодяконов*. О бурении шпуров в Донецком бассейне.— «Труды II Всероссийского съезда по горному делу, металлургии и машиностроению, состоявшегося в апреле 1913 г. в Петербурге. Секция горного дела». Пг., 1914.
33. *М. М. Протодяконов*. К вопросу о давлении сыпучих тел.— «Горный журнал», 1916, т. 2 (июнь).
34. *М. М. Протодяконов*. Расчет дверного оклада.— «Горный журнал», 1917, т. 2, № 4—6.
35. *А. А. Зворыкин*. Михаил Михайлович Протодяконов.— В кн.: «Люди русской науки. Техника». М., «Наука», 1965.
36. *М. М. Протодяконов*. Краткий курс горного искусства, изд. литограф. Ташкент, 1921.
37. *М. М. Протодяконов*. «Материалы для Урочного Положения горных работ», ч. 1. Горные работы. М., изд. ЦК горнорабочих, 1926.
38. *М. М. Протодяконов*. «Материалы для Урочного Положения горных работ», ч. 2, отд. 1. Крепление. М., изд. ЦК горнорабочих, 1926.
39. *М. М. Протодяконов*. «Материалы для Урочного Положения горных работ», ч. 2, отд. 2. Проходка выработок. М., изд. ЦК горнорабочих, 1926.
40. *Н. В. Мищенко*. Талантливый ученый и выдающийся организатор горного образования в Средней Азии (К 25 годовщине со дня смерти М. М. Протодяконова).— «Известия АН УзССР», 1955, № 4
41. *М. М. Протодяконов*. О некоторых замечательных соотношениях в деле крепления горных выработок.— «Горный журнал», 1926, № 9.
42. *М. М. Протодяконов*. О статистическом методе применительно к составлению норм в горном деле.— «Инженерный работник», 1926, № 7.
43. *М. М. Протодяконов*. По поводу существующих теорий давления горных пород.— «Инженерный работник», 1926, № 6.
44. *М. М. Протодяконов*. Проветривание рудников, изд. 3, испр. и доп. М., 1928.
45. *М. М. Протодяконов*. Крепление горных выработок. В кн.: «Справочник по каменноугольному делу. Горные работы и крепление». Под ред. проф. А. А. Скочинского. Харьков, 1928.

46. *М. М. Протодяконов*. Давление горных пород и рудничное крепление, ч. 1. Давление горных пород. М., 1930.
47. *М. М. Протодяконов*. Проветривание рудников, изд. 4, испр. и доп. М., 1930.
48. *М. М. Протодяконов*. Давление горных пород и рудничное крепление, ч. 2. Рудничное крепление. М.—Л.—Новосибирск, Госгориздат, 1933.
49. *М. М. Протодяконов (младший)*. Коэффициент крепости горных пород проф. М. М. Протодяконова.— В кн.: «Вопросы разрушения и давления горных пород». М., Углетехиздат, 1955.
50. Терминология теории упругости, испытаний и механических свойств материалов и строительной механики. Комитет технической терминологии, вып. 14. М., Изд-во АН СССР, 1953.
51. *В. В. Царицын*. Коэффициент крепости горных пород как показатель их эффективного разрушения при бурении.— В кн.: «Вопросы разрушения и давления горных пород». М., Углетехиздат, 1955.
52. *С. В. Шухардин*. Георгий Агрикола. М., Изд-во АН СССР, 1955.
53. *А. Гернгерс*. О добыче и обработке Березовских золотых руд.— «Горный журнал», 1834, ч. III, кн. IX.
54. *А. И. Узагис*. Курс горного искусства. СПб., 1843.
55. *Г. Я. Дорошенко*. Справочная книга для горных инженеров и техников по горной части, т. II. Горное искусство. СПб., 1880.
56. *Л. И. Барон*. Временное сопротивление раздавливанию и коэффициенты крепости скальных горных пород.— В кн.: «Вопросы разрушения и давления горных пород». М., Углетехиздат, 1955.
57. *А. Ф. Суханов*. Против механического подхода к составлению горных норм и нормировочников по методу проф. Протодяконова.— «За уголь Востока», 1932, № 3—4.
58. *А. Ф. Суханов*. За решительную перестройку горного нормирования. (Еще раз против метода проф. М. М. Протодяконова).— «За уголь Востока», 1932, № 16—17.
59. *А. Ф. Суханов*. К вопросу о единой классификации горных пород. М., Углетехиздат, 1947.
60. *М. В. Ломоносов*. Первые основания металлургии, или рудных дел, 1763. Полн. собр. соч., т. 5. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1954.
61. *И. Кржижановский*. Исследование некоторых типов рудничной крепи в статическом отношении.— «Горный журнал», 1895, т. 3, № 8.
62. *П. М. Цимбаревич*. Вопросы давления горных пород и рудничного крепления в трудах М. М. Протодяконова.— «Труды по истории техники», вып. 1. М., Изд-во АН СССР, 1952.
63. *М. М. Протодяконов*. Расчет сводчатого рудничного крепления.— «Горный журнал», 1925, № 2.



64. *М. М. Протодряконов.* Теория рудничного крепления и практические размеры.— «Горный журнал», 1927, № 1.
65. Протокол заседания Постоянной комиссии при Горном ученом комитете для систематического изучения вопросов, касающихся рудничных газов, 17 февраля 1904 г.— «Горный журнал», 1905, № 2.
66. *А. А. Скочинский.* Краткий обзор взрывов гремучего газа в русских рудниках за трехлетие с 1904 по 1906 г.— «Горный журнал», 1908, № 11.
67. *М. М. Протодряконов.* К вопросу о составлении Урочного Положения горных работ.— «Инженерный труд», 1924, № 4—5.
68. *М. М. Протодряконов.* По поводу некоторых замечаний о составлении Урочного Положения горных работ.— «Горный журнал», 1925, № 4.
69. *М. М. Протодряконов.* О возможности твердых норм в горном деле.— «Горный журнал», 1925, № 11.
70. *И. С. Покровский.* К вопросу о составлении Урочного Положения горных работ.— «Горный журнал», 1925, № 3.
71. *И. С. Покровский.* Несколько возражений профессору М. М. Протодряконову.— «Инженерный работник», 1926, № 3.
72. *М. М. Протодряконов.* Составление горных норм и пользование ими, изд. 1. М., Гостехиздат, 1930.
73. *М. М. Протодряконов.* К вопросу о производительности забойщика по углю. Екатеринослав, изд. Екатеринославского высшего горного училища, 1912.
74. *М. Е. Райхер.* Развитие нормирования труда в угольной промышленности. В кн.: «Вопросы разрушения и давления горных пород». М., Углетехиздат, 1955.

**Печатные труды  
М. М. Протодяконова**

---

**1904—1905**

Горные речки центральной части Северного Кавказа и некоторые особенности эксплуатации их энергии.— «Горный журнал», 1904, т. 4, № 11, стр. 151—169.

К вопросу об определении оруднения жильных месторождений.— «Записки Екатеринославского отделения Русского технического общества», 1905, № 1—2, стр. 67—76.

Фаснальская рудообогатительная фабрика.— «Сб. технических статей Горнозаводского листка», 1905, № 2, стр. 57—72; № 3, стр. 105—120.

**1906—1908**

Несколько новых аппаратов для магнитного обогащения руд.— «Сб. технических статей Горнозаводского листка», 1906, № 4, стр. 121—126.

О некоторых попытках применения математики к горному искусству.— «Записки Екатеринославского отделения Русского технического общества». 1906, № 3—5, стр. 57—71.

Письмо в редакцию. (По поводу возражений Б. И. Бокия на статью М. М. Протодяконова «О некоторых попытках применения математики к горному искусству»).— «Записки Екатеринославского отделения Русского технического общества», 1906, № 9—10, стр. 54—55.

Серебро-свинцовые рудники Терского горнопромышленного акционерного общества.— «Сб. технических статей Горнозаводского листка», 1906, № 9, стр. 327—342; № 10, стр. 389—404; № 11, стр. 433—456; № 12, стр. 465—480.

То же. Отдельный оттиск. Харьков, 1906, 72 стр.

Условия свинцово-рудного дела за границей и сравнение их с русскими. Екатеринослав, 1906 г., 39 стр.

То же.— «Известия Екатеринославского высшего горного училища за 1907 год». Год 3, вып. 1. Екатеринослав, 1907, стр. 1—39.

Давление горных пород на рудничную крепь (Теория рудничного крепления). Екатеринослав, 1907, 101 стр.

То же.— «Известия Екатеринославского высшего горного училища за 1908 год». Год 4, вып. 1. Екатеринослав, 1908, 101 стр.

#### 1909

Давление горных пород на рудничную крепь.— «Горный журнал», 1909, т. 3, № 8, стр. 220—231.

Производительность забойщика по углю.— «Горный журнал», 1909, т. 4, № 11, стр. 125—145.

#### 1910

Испытание бурильных молотков на областной выставке в Екатеринославе в 1910 г.— «Горнозаводское дело», 1910, № 43/44, стр. 1249—1256.

Второе испытание бурильных молотков на областной выставке в Екатеринославе в 1910 г.— «Горнозаводское дело», 1910, № 45, стр. 1315—1317.

#### 1911

Крепость горных пород с точки зрения горного искусства.— «Труды съезда деятелей по горному делу, металлургии и машиностроению». Екатеринослав, 1911, стр. 29—36.

Производительность забойщиков по углю.— «Труды съезда деятелей по горному делу, металлургии и машиностроению». Екатеринослав, 1911, 21 стр.

Курс проветривания рудников, изд. 1. Екатеринослав, 1911, 143 стр.

Проветривание рудников.— «Известия Екатеринославского высшего горного училища за 1911 год». Год 7, вып. 1. Екатеринослав, 1911, 143 стр.

#### 1912

Рецензия (на кн. Б. И. Бокия «Практический курс горного искусства», ч. 1).— «Горный журнал», 1912, т. 3, № 8.

К вопросу о производительности забойщиков по углю.— «Известия Екатеринославского горного института за 1912 год». Год 8, вып. 2. Екатеринослав, 1912, стр. 1—9.

То же, Отдельный оттиск. Екатеринослав. 1912, 9 стр.

Попытки опытного исследования законов давления пород на горные выработки.— «Горный журнал», 1912, т. 2, № 4—5, стр. 12—39.

#### 1913

Рецензия (на кн. Б. И. Бокия «Практический курс горного искусства», ч. II).— «Горный журнал», 1913, т. 1, № 3, стр. 374—375.

#### 1914

Попытки опытного исследования законов давления пород на горные выработки.— «Труды второго съезда по прикладной геологии, состоявшегося с 26 декабря 1911 по 4 января 1912 г. в Петербурге», вып. II. Пг., 1914, стр. 101—111.

Курс проветривания рудников, изд. 2, испр. и доп. Екатеринослав, 1914, 205 стр.

О бурении шпуров в Донецком бассейне.— «Труды II Всероссийского съезда по горному делу, металлургии и машиностроению, состоявшегося в апреле 1913 г. в Петербурге. Секция горного дела». Пг., 1914, стр. 180—191.

Проходка шахт и квершлагов.— В кн.: «Описание Донецкого бассейна», т. I, вып. 1. Харьков — Екатеринослав, 1914, 530 стр.

#### 1916—1917

К вопросу о давлении сыпучих тел.— «Горный журнал», 1916, т. 2, № 6, стр. 125—139.

Крепление шахт и квершлагов.— В кн.: «Описание Донецкого бассейна», т. I, вып. 2. Харьков — Екатеринослав, 1916, 566 стр. Расчет дверного оклада.— «Горный журнал», 1917, т. 2, № 4—6, стр. 132—147.

#### 1919—1920

Конспект по геологии, изд. литограф. Ташкент, 1919, 61 стр. Дороговизна жизни и оплата труда.— «Военная мысль», 1919, № 2, стр. 119—136.

Горно-техническое образование, как очередная нужда Туркестанского фронта.— «Военная мысль», 1920, № 1, стр. 375—378.

#### 1921—1922

Краткий курс горного искусства, изд. литограф. Ташкент, 1921, 204 стр. О новой экономической политике в отношении промышленности.— «Военная мысль», 1921, № 3, стр. 165—184.

#### 1924—1925

К вопросу о составлении Урочного Положения горных работ.— «Инженерный труд», 1924, № 4, стр. 19—23; № 5, стр. 22—27.

Расчет сводчатого рудничного крепления.— «Горный журнал», 1925, № 2, стр. 104—108.

По поводу некоторых замечаний о составлении Урочного Положения горных работ.— «Горный журнал», 1925, № 4, стр. 293—296.

(По поводу статей Б. Ф. Гриндлера и И. С. Покровского, опубликованных в «Горном журнале» № 2—3, за 1925 г.)

О возможности твердых норм в горном деле.— «Горный журнал», 1925, № 11, стр. 909—913.

#### 1926

Письмо в редакцию (О теории давления горных пород проф. А. Н. Динника).— «Инженерный работник», 1926, № 3, стр. 40—42.

По поводу существующих теорий давления горных пород.— «Инженерный работник», 1926, № 6, стр. 18—27.

О статистическом методе применительно к составлению норм в горном деле.— «Инженерный работник», 1926, № 7, стр. 25—32.

Определение крепости угля при горных работах.— «Уголь и железо», 1926, № 7, стр. 8—10.

К вопросу об организации горной промышленности в Туркестане.— «Поверхность и недра», 1926, т. 4, № 7—9, стр. 50—51. О некоторых замечательных соотношениях в деле крепления горных выработок.— «Горный журнал», 1926, № 9, стр. 584—589.

Материалы для Урочного Положения горных работ, ч. 1. Горные работы. М., изд. ЦК горнорабочих, 1926, 274 стр.

Материалы для Урочного Положения горных работ, ч. 2, отд. 1. Крепление. М., изд. ЦК горнорабочих, 1926, 173 стр.

Материалы для Урочного Положения горных работ, ч. 2, отд. 2. Проходка выработок. М., изд. ЦК горнорабочих, 1926, 188 стр.

Письмо в редакцию (Указания по практическому применению «Материалов для Урочного Положения горных работ»).— «Горный журнал», 1926, № 12, стр. 828.

Письмо в редакцию. (По вопросу о практической применимости норм, приведенных в книге «Материалы для Урочного Положения горных работ»). «Инженерный работник», 1926, № 12, стр. 89—90; «Уголь и железо», 1927, № 16, стр. 119—120.

#### 1927—1928

Теория рудничного крепления и практические размеры.— «Горный журнал», 1927, № 1, стр. 4—6.

Горные нормы и методы их получения.— «Горный журнал», 1928, № 10, стр. 682—689; № 12, стр. 845—853.

Крепление горных выработок.— В кн.: «Справочник по каменноугольному делу. Горные работы и крепление» (под ред. проф. А. А. Скочинского). Харьков, 1928, стр. 199—326.

Проветривание рудников, изд. 3, испр. и доп. М., 1928, 234 стр. Редакция кн.: Райхер М. Е. и Сагановский Л. А. Материалы по рационализации Донецкой каменноугольной промышленности, т. I. Ручная и конная откатка. Харьков, 1928, 112 стр. Предисловие к кн.: Дайхес И. П. Техническое нормирование рудных горных работ. Харьков, 1928.

#### 1929

Исчисление запасов месторождений за пределами обойденного контура.— «Вестник геологического комитета», 1929, т. IV, № 2, стр. 1—6.

#### 1930

Проветривание рудников, изд. 4, испр. и доп. М., 1930, 184 стр. Давление горных пород и рудничное крепление, ч. I. Давление горных пород. М., 1930, 94 стр.

Составление горных норм и пользование ими, изд. 1 (посмертное). М., 1930, 38 стр.

#### 1931—1934

Давление горных пород и рудничное крепление, изд. 2, ч. I. Давление горных пород. М.—Л., 1931, 104 стр.

Проветривание рудников, изд. 5. М.—Л., 1931, 199 стр.  
Составление горных норм и пользование ими, изд. 2. М.—Л.—Новосибирск, 1932, 36 стр.  
Давление горных пород и рудничное крепление, изд. 3, испр., ч. I. Давление горных пород. М.—Л.—Новосибирск, 1933, 128 стр.  
Давление горных пород и рудничное крепление, ч. II. Рудничное крепление. М.—Л.—Новосибирск, 1933, 222 стр.  
Из предисловия к первым выпускам материалов. Материалы для технического нормирования горных работ каменноугольных рудников Донецкого бассейна. Харьков—Киев, 1934, стр. 4—5.

## Литература о М. М. Протодяконове

---

### 1906

- Б. И. Бокий.* Ответ г. Протодяконову (на статью: «О некоторых попытках применения математики к горному искусству.— «Записки Екатеринославского отделения Русского технического общества», 1906, № 3—5).— «Записки Екатеринославского отделения Русского технического общества», 1906, № 9—10.
- А. М. Терпигорев.* Краткий отзыв о научных трудах горного инженера М. М. Протодяконова.— «Известия Екатеринославского высшего горного училища за 1906 год». Год 2, вып. 1. Екатеринослав, 1907.

### 1925

- Б. Ф. Гриндлер.* К проекту Урочного Положения горных работ профессора М. М. Протодяконова.— «Горный журнал», 1925, № 2.
- И. С. Покровский.* К вопросу о составлении Урочного Положения горных работ.— «Горный журнал», 1925, № 3.
- С. Сухачев.* Об Урочном Положении для горных работ.— «Горный журнал», 1925, № 5.
- Чествование 28-летия инженерной и 25-летия научной деятельности профессора А. М. Терпигорева и 25-летия инженерной и научной деятельности профессоров А. А. Скочинского и М. М. Протодяконова на втором расширенном пленуме Центрального бюро инженерно-технических секций Союза горнорабочих СССР. 2 июня 1925 г.— «Горный журнал», 1925, № 7.

## 1927

- Е. Монглевич.* Проф. М. М. Протоdjяконов. «Материалы для Урочного Положения горных работ» в двух частях. М., изд. ЦК Союза горнорабочих СССР, 1926. (Рецензия).— «Уголь», 1927, № 20.
- И. Е. Атлас.* О статистическом методе в горном деле.— «Уголь», 1927, № 17.

## 1930—1931

- А. М. Терпигорев.* Памяти профессора М. М. Протоdjяконова.— «Уголь», 1930, № 56.
- Проф. М. М. Протоdjяконов. (Некролог.) — «Правда Востока», 6 апреля, 1930.
- Е. С. Гендлер.* Профессор Михаил Михайлович Протоdjяконов. (К годовщине смерти).— «Горный журнал», 1931, № 4.

## 1940

- А. Ф. Суханов.* Буримость и взрываемость горных пород. М., Гостехиздат, 1940.

## 1944—1945

- А. Ф. Суханов.* Единая классификация горных пород по буримости и взрываемости. М., Гостехиздат, 1944.
- Я. Г. Галкин.* Развитие теории горного давления и роль в ней русской науки.— «Горный журнал», 1945, № 9.

## 1946—1949

- А. А. Зворыкин.* Михаил Михайлович Протоdjяконов. (Русские горные деятели.) — «Горный журнал», 1946, № 1.
- А. Ф. Суханов.* К вопросу об единой классификации горных пород. М., Углетехиздат, 1947.
- А. А. Зворыкин.* Михаил Михайлович Протоdjяконов.— В кн.: «Люди русской науки. Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники», т. II. М.— Л., 1948.
- В авангарде горной науки и техники.— «Горный журнал», 1948, № 11.
- Е. М. Фаерман.* Развитие научных исследований в угольной промышленности СССР. М., Углетехиздат, 1948.
- Научные школы и ученые институты.— В кн.: «Днепропетровский горный институт им. Артема», Днепропетровск, 1949.



- С. Г. Авершин.* Роль русских ученых в изучении движения и давления горных пород.— «Горный журнал», 1950, № 5.
- Заседание, посвященное памяти М. М. Протодяконова.— «Вестн., АН СССР», 1950, № 9.
- М. М. Протодяконов* (младший). Определение крепости угля на шахтах.— «Уголь», 1950, № 9.
- Заседание Ученого совета Института горного дела АН СССР совместно с Комиссией по истории техники при ОТН АН СССР, посвященное памяти М. М. Протодяконова.— «Изв. АН СССР. Отд. техн. наук», 1950, № 12; «Труды по истории техники», вып. 1. М., Изд-во АН СССР, 1952.
- А. А. Зворыкин.* Михаил Михайлович Протодяконов (1874—1930).— «Изв. АН СССР. Отд. техн. наук», 1950, № 12.
- П. М. Цимбаревич.* Вопросы давления горных пород и рудничного крепления в трудах М. М. Протодяконова.— «Изв. АН СССР. Отд. техн. наук», 1950, № 12.
- А. А. Зворыкин, Д. М. Киржнер.* Михаил Михайлович Протодяконов (1874—1930). М., Углетехиздат, 1951.
- Е. М. Фаерман.* Развитие отечественной горной науки и ее основных учений о подземной разработке твердых полезных ископаемых. (Автореф. дисс. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук.) М., Ин-т горного дела АН СССР.
- М. М. Протодяконов* (младший). К вопросу о единой методике определения крепости угля.— «Изв. АН СССР. Отд. техн. наук», 1953, № 2.
- То же в «Трудах совещания по координации исследований в области отделения от массива углей и пород». М., Изд-во АН СССР, 1954.
- Л. И. Барон.* Классик русской горной науки. (К 80-летию со дня рождения М. М. Протодяконова.) — «Колыма», 1954, № 9.
- Л. И. Барон.* Временное сопротивление раздавливанию и коэффициенты крепости скальных горных пород.— В кн.: Вопросы разрушения и давления горных пород. (К 25-летию со дня смерти проф. М. М. Протодяконова). Сб. статей. М., Углетехиздат, 1955.
- Н. В. Мищенко.* Талантливый ученый и выдающийся организатор горного образования в Средней Азии. (К 25-й годовщине со дня смерти М. М. Протодяконова.)— «Изв. АН УзССР», 1955, № 4.
- А. М. Терпигорев, Л. И. Барон.* Выдающийся деятель русской горной науки профессор Михаил Михайлович Протодяконов.—

В кн.: «Вопросы разрушения и давления горных пород». М., Углетехиздат, 1955.

Вопросы разрушения и давления горных пород (К 25-летию со дня смерти профессора М. М. Протодяконова). М., Углетехиздат, 1955.

1958

*Е. М. Фаерман.* Развитие отечественной горной науки. М., Изд-во АН СССР, 1958.

1965

*А. А. Зворыкин.* Михаил Михайлович Протодяконов.— В кн.: «Люди русской науки». М., «Наука», 1965.

## Принятые сокращения

---

ГИАЛО — Государственный исторический архив Ленинградской области

ЕВГУ — Екатеринославское высшее горное училище

ИЕВГУ — «Известия Екатеринославского высшего горного училища»

КУБУ — Комиссия по улучшению быта ученых

САГУ — Среднеазиатский государственный университет

ЦГА УзССР — Центральный государственный архив Узбекской ССР

ЦГИА в г. Ленинграде — Центральный государственный исторический архив в г. Ленинграде

## Именной указатель

---

- Агрикола Г. 45  
Алексеев В. Ф. 13  
Алексеева В. К. 7, 8  
Артем (Сергеев Ф. А.) 17
- Бауман В. И. 14  
Бернгарди 56  
Бернули 72, 75  
Бирбаумер 60  
Бойль 72  
Бокий Б. И. 22, 23, 27, 45  
Борисяк А. А. 13  
Бурдаков В. Я. 18
- Вильгейм 60  
Вийе 55
- Гашаский В. 10  
Гей-Люссак Ж. Л. 72  
Гендлер Е. С. 36  
Гернгрос А. 63  
Гисс Э. Э. 45  
Грдина Я. И. 18  
Греггер 60  
Гуськов В. А. 18, 22
- Даль В. И. 8  
Державин Г. Р. 11  
Джексон Г. Н. 45  
Добьюисон 74  
Долежалек 46, 50  
Дорман Я. А. 7  
Дорошенко Г. Я. 45, 63
- Еремеев П. В. 13
- Жирар 74
- Зворыкин А. А. 28
- Иосса Н. А. 13
- Каммерель 60  
Карпинский А. П. 13  
Кондратьев А. П. 14  
Коцовский Н. Д. 13  
Кржижановский И. 64  
Кулибин Н. А. 13  
Кулон 60  
Курилов В. В. 18  
Курнаков Н. С. 13
- Лагузен И. И. 13  
Лебедев Г. Г. 14  
Лебедев Н. И. 18  
Ленин В. И. 29, 61  
Леон 60  
Леонтовский П. М. 18  
Липин В. Н. 13  
Ломоносов М. В. 11, 63  
Лоранский А. М. 13  
Лорд И. С. 45  
Лутугин Л. И. 14
- Мариотт 72  
Маяковский В. В. 36  
Мёллер В. И. 13  
Менцель 56  
Монтлевич Е. М. 51  
Мушкетов И. В. 13
- Неязов Н. Н. 7
- Олышев П. А. 13
- Павлов М. А. 18  
Покровский И. С. 79  
Пранте 56  
Протодяконов А. М. 8  
Протодяконов М. А. 8, 9, 10, 11

- Протодьяконов М. М. (младший) 5, 7, 10, 21, 29, 36  
Протодьяконов Мст. М. 8, 9  
Протодьяконова Е. М. 8  
Протодьяконова (Холмская) З. Н. 25  
Протодьяконова (Киркина) Л. В. 9  
Протодьяконова Л. М. 8
- Ржиха 46, 50, 54  
Ритгер 60  
Романовский Г. Д. 13  
Рубин П. Г. 18
- Свердлов Я. М. 28  
Свицин А. А. 27  
Селянинов Н. Н. 27  
Скочинский А. А. 23, 27, 35  
Соболевский П. К. 18  
Суханов А. Ф. 51, 52  
Сучков С. Н. 18, 27
- Терпигорев А. М. 3, 16, 18, 19, 22, 23, 27, 34, 37  
Тиме Г. А. 13  
Тиме И. А. 13
- Тринклер 25  
Трынка 13  
Туайе 54
- Узатис А. И. 63
- Фейоль 54, 55, 56  
Федоров Е. С. 13  
Федоров М. М. 18  
Ферма П. 36
- Харли Д. Т. 45  
Хованский И. В. 27
- Цимбаревич П. М. 64
- Чинакал Н. А. 7
- Шалон 46  
Шателье 71  
Шредер И. Ф. 13  
Шульц 60  
Шухардин С. В. 7
- Эйлер Л. 66  
Энгессер 56, 60
- Янсен 60



## Оглавление

---

От редактора . . . . .	5
Предисловие . . . . .	6
<b>Жизненный путь . . . . .</b>	<b>8</b>
Ранние годы . . . . .	8
Петербургский горный институт. Начало трудовой деятельности . . . . .	12
Научная, педагогическая и общественная деятельность	17
<b>Вклад М. М. Протодяконова в горную науку . . .</b>	<b>38</b>
Учение о крепости горных пород. Коэффициент крепости. Шкала относительной крепости . . . . .	38
Теория горного давления в трудах М. М. Протодяконова, его предшественников и последователей . . .	53
Исследования в области рудничного крепления . . .	63
Исследования по рудничному проветриванию . . .	68
М. М. Протодяконов — основоположник технического нормирования в горной промышленности . . . . .	76
Заключение . . . . .	88
Основные даты жизни и деятельности М. М. Протодяконова . . . . .	90
Литература . . . . .	93
Печатные труды М. М. Протодяконова . . . . .	98
Литература о М. М. Протодяконове . . . . .	103
Принятые сокращения . . . . .	107
Именной указатель . . . . .	108

Анна Петровна Раткина  
**Михаил Михайлович Протоdjяконов**  
1874—1930

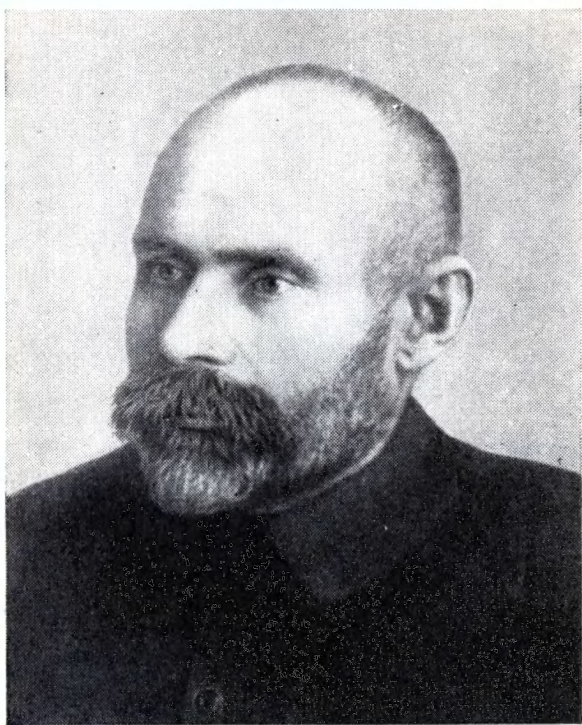
Утверждено к печати  
редколлегией научно-биографической серии  
Академии наук СССР

Редактор *Л. И. Приходько*  
Художественный редактор *Т. П. Поленова*  
Технический редактор *Н. Н. Плохова*

Сдано в набор 4/IV 1974 г.  
Подписано к печати 29/VII 1974 г.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2  
Усл. печ. л. 6,3 Уч.-изд. л. 5,6  
Тираж 3500 Т-13107 Тип. зак. 406  
Цена 34 коп.

Издательство «Наука»  
103717 ГСП, Москва, К-62, Подсосенский пер., 21  
2-я типография издательства «Наука»  
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10





**Михаил Михайлович  
ПРОТОДЪЯКОНОВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



Готовится к печати книга:

---

МЕЛЬНИКОВ Н. В.  
ГОРНЫЕ ИНЖЕНЕРЫ.

*Серия «Научные биографии и мемуары ученых».*

15 л. 1 р.

В книге освещены основные этапы производственной и научной деятельности крупнейших советских ученых — горняков и организаторов горной промышленности: А. А. Скочинского, А. М. Терпигорева, Л. Д. Шевякова, Г. И. Маньковского, И. Н. Плаксина, А. О. Спиваковского, Е. Ф. Шешко, А. Ф. Засядько, Е. Т. Абакумова, К. И. Сатпаева, Н. И. Грушкова, Б. П. Боголюбова, П. Э. Зуркова, А. В. Топчиева и др. На основе большого фактического материала и личных воспоминаний автор создал интересные очерки о выдающихся творцах советской горной науки и техники.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

*Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу:*

*117464 МОСКВА В-464, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»;*

*197110 ЛЕНИНГРАД, П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайшие магазины «Академкнига».*

Цена 34 коп.