

АКАДЕМИЯ НАУК СССР



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

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

М. А. Безбородов

Дмитрий Степанович
БЕЛЯНИН

1876—1953

Ответственный редактор
доктор геолого-минералогических наук
В. П. ПЕТРОВ



МОСКВА

«НАУКА»

1985

- Б 39** Безбородов М. А. **Дмитрий Степанович Белянкин, 1876—1953.** М.: Наука, 1985.—192 с., ил.— (Серия «Научно-биографическая литература»).

Книга посвящена жизни и деятельности выдающегося советского геолога академика Дмитрия Степановича Белянкина, работы которого явились важным вкладом в общую, теоретическую, техническую петрографию, а также минералогию. Д. С. Белянкин провел интереснейшие геолого-петрографические исследования на Урале, Кавказе и севере европейской части СССР. Особое значение имеют его работы в области силикатной технологии — им исследованы огнеупоры, керамические изделия, шлаки, абразивы, стекло.

16.2

Рецензенты:

А. А. АППЕН, М. А. ФАВОРСКАЯ

Предисловие

Академик Д. С. Белянкин, памяти которого посвящена настоящая книга, был замечательным ученым и прекрасным человеком, активно помогавшим росту молодых ученых, большим тружеником. Д. С. Белянкин работал не только в лаборатории, но и в поле, и на заводах, разрабатывая новые пути петрографической науки. Учениками Д. С. Белянкина являются ряд советских ученых, многие из них возглавляли отдельные отрасли советской науки.

М. А. Безбородов, ученик Д. С. Белянкина, сумел в первой части книги показать и историю жизни, и становление Д. С. Белянкина как ученого, его прекрасные душевные качества и то окружение молодых активных ученых, его учеников, которые всегда работали вместе с ним. Показал М. А. Безбородов и специфику геологических работ в дореволюционное время и в первые годы после революции. Сейчас характер геологических работ полностью изменился, и только по воспоминаниям и старым письмам можно воссоздать творческую геологическую атмосферу тех, теперь уже далеких лет. И с этой трудной задачей М. А. Безбородов хорошо справился.

Научным результатам работы Д. С. Белянкина посвящена вторая часть книги М. А. Безбородова. Трудности ее написания были весьма велики в основном в силу большой разносторонней деятельности Д. С. Белянкина и необходимости показать дальнейшее развитие его идей, а также наметить те пути, по которым пойдет это развитие.

В редактировании книги активно помогали профессора В. П. Петров и В. В. Ляхович, бывшие, как и я, учениками Д. С. Белянкина. В. П. Петрову принадлежат некоторые дополнения к рукописи М. А. Безбородова в части, касающейся «кавказского периода» деятельности Д. С. Бе-

лянкина, а также современного состояния петрографической науки и учения о неметаллических полезных ископаемых. Некоторые дополнения по современному состоянию технической петрографии внес проф. В. В. Лапин.

В целом книга М. А. Безбородова представляет большой вклад в изучение истории науки, и это новый важный труд, освещающий развитие науки в первые годы Советской власти. Книга безусловно представит большой интерес для всех советских ученых, работающих в области геологии, технологии неорганических материалов и в общей истории наук.

Академик А. В. Сидоренко

От автора

Дмитрия Степановича Белянкина автор этой книги знал лично около 35 лет: с 1918 г., со времени студенческих занятий по кристаллографии в Петроградском политехническом институте, и до 1953 г., т. е. до конца его жизни.

Сначала автор — студент, обучающийся под руководством Дмитрия Степановича в стенах вуза. Позднее, в конце 20-х—начале 30-х годов, возникает научное сотрудничество, а затем и непосредственная совместная научная работа, когда Дмитрий Степанович руководит кафедрой силикатов Ленинградского химико-технологического института, а автор — ученый секретарь этой кафедры.

Во время Великой Отечественной войны, находясь на Урале, а позже в Москве, Д. С. Белянкин консультирует работы по изысканию керамического минерального сырья в Средней Азии, которыми руководил автор. Примеры совместной работы, которая велась в течение многих лет, можно было бы продолжить, но они, конечно же, не раскрывают полностью характер деловых и личных связей между Д. С. Белянкиным и автором.

Книга эта — попытка дать более широкое представление о жизни и богатом вкладе в науку Дмитрия Степановича Белянкина. Однако предлагаемая книга не могла быть, разумеется, написана без участия и помощи ряда организаций и отдельных лиц.

Дочь Дмитрия Степановича, Елена Дмитриевна, предоставила в распоряжение автора весь личный научный архив отца: многочисленные письма, биографические документы и другие материалы, а также поделилась своими воспоминаниями, за что автор приносит ей сердечную благодарность.

Центральный Государственный исторический архив Эстонской ССР (ЦГИА ЭССР) выслал автору из Тарту ксерокопии 116 документов из дела Д. С. Белянкина, обучавшегося в 1897—1901 гг. в Юрьевском (ныне Тартуском) университете. Архив АН СССР (в Ленинграде) предоставил данные о работе Д. С. Белянкина в 30-х годах. Руководителей этих архивов автор благодарит за оказан-

ную помощь. С автором поделились своими воспоминаниями о Дмитрие Степановиче его племянница — Антонина Ивановна Белянкина, а также В. П. Петров, В. В. Лапин, С. А. Погодин, М. А. Фаворская, В. В. Щербина, А. Л. Яншин, А. А. Аппен, за что автор выражает всем им глубокую признательность. С теплым чувством автор отмечает активное участие О. Г. Страховой в подготовке рукописи к печати и повседневное организационное содействие З. С. Соколовской.

М. А. Безбородов

Москва—Ленинград—Пушкин
1977—1981 гг.

* * *

В связи с тем что автор настоящей работы академик АН БССР М. А. Безбородов скончался, рукопись осталась незавершенной. В частности, в приведенных цитатах представлены только источники. Редколлегия сочла возможным оставить цитаты в тексте без указания страниц.

Письма, находившиеся в архиве автора, при окончательном редактировании не могли быть проверены. Текст сохранился в авторской редакции.

После смерти автора работу над рукописью и ее окончательное редактирование провели Е. Д. Белянкина, профессора В. П. Петров и В. В. Лапин.

Жизненный путь

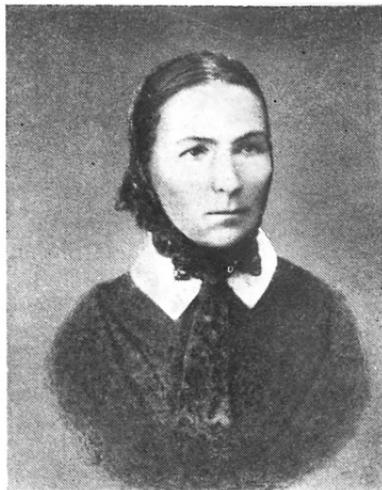
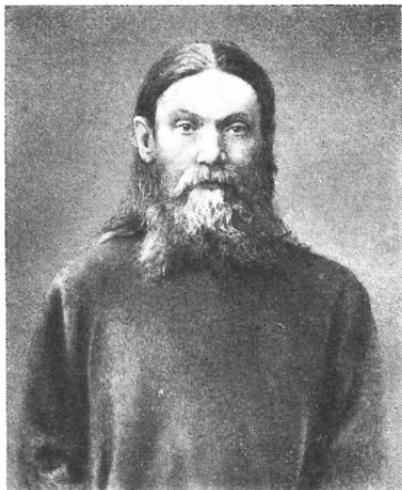
Семья. Юные годы 1876—1903 гг.

Выдающийся русский геолог и минералог, основоположник технической петрографии [553, 601] Дмитрий Степанович Белянкин родился в деревне Ламанихе Вологодской губернии 11 августа (23 по новому стилю) 1876 г. в семье приходского священника Стефана (Степана) Лукича (1837—1896 гг.) и его жены Екатерины Ивановны (1841—1903 гг.). Дед Дмитрия Степановича — Лука, родом из Костромской губернии, плавал на заработках по притокам Волги и в ее верховьях на больших плоскодонных барках, которые строились на Каме и Ветлуге. Такие барки делались несмолеными («белыми») и назывались на Волге «белянами». Отсюда и произошла фамилия Белянкиных.

Мать Дмитрия Степановича, урожденная Садокова, окончила Ярославское епархиальное училище. Ее брат, Платон Иванович, был главным врачом госпиталя в Кронштадте. Сестра Екатерины Ивановны и ее сыновья носили фамилию Заболотских. Один из них был врачом в Петербурге, другой — преподавателем в Вологде.

Екатерина Ивановна и Степан Лукич Белянкины безвыездно жили в Ламанихе до конца жизни. У них было девять детей — шесть сыновей и три дочери. Дмитрий Степанович был седьмым ребенком. Старше его: Калисфения (1859—1928 гг.), Николай (1863—1920 гг.), Платон (1865—1890 гг.), Александр (1867—1938 гг.), Иван (1869—1920 гг.), Елизавета (1874—1937 гг.); моложе — Алексей (1880—1942 гг.) и Надежда (1888—1967 гг.). Семья была большая и очень дружная. К домашним заботам дети приучались с раннего возраста. Их дом посещало много молодежи. Он был открыт для друзей и знакомых не только из своей деревни, но и из соседних сел и деревень.

При весьма скромном достатке родители старались дать детям образование. Все сыновья сначала учились в Вологодском духовном училище, где не надо было платить за обучение, а затем (по той же причине) — в Вологодской духовной семинарии, дочери — в Вологодской гимназии.



—
Отец —
Стефан Лукич Белянкин

Мать —
Екатерина Ивановна Белянкина

В дальнейшем большинство братьев и сестер Дмитрия Степановича стали деятелями просвещения и культуры.

В стремлении к знаниям Дмитрий Степанович не был исключением в семье. Начальное образование он получил в Вологодском духовном училище, а в августе 1891 г. поступил в Вологодскую духовную семинарию [498], которую окончил успешно, по «первому разряду», в июне 1897 г. Согласно аттестату, выданному ему 13 июня этого года, он имел отличные отметки по 26 предметам и лишь по одному предмету — «изъяснению священного писания» — «очень хорошую». Этот аттестат давал ему звание «студент семинарии». Предстоял выбор дальнейшего пути. Поступать в духовную академию, стать священнослужителем, к чему готовила его духовная семинария, он не хотел. Его привлекали естественные науки. Однако для окончивших духовные семинарии доступ в российские университеты был закрыт. Царское правительство было заинтересовано в подготовке священнослужителей и запретило принимать семинаристов в университеты.

Однако судьба улыбнулась студенту семинарии Белянкину. Через месяц после получения им аттестата, 13 июля 1897 г., был издан правительственный указ, по которому только Юрьевскому (ныне Тартускому) университету было разрешено принимать окончивших духовные семина-



Дом Белянкиных в деревне Ламанихе



Юрьевский (ныне Тартуский) университет в начале XX в.



Дмитрий Степанович Белян-кин — студент Юрьевского университета

рии по «первому разряду» на все факультеты, кроме богословского, с дополнительными вступительными экзаменами по русскому и древним языкам в объеме гимназического курса [531, 647]. Причину такого разрешения раскрыл попечитель Рижского учебного округа, подчеркнув, что «допущение семинаристов в Юрьевский университет было бы желательно уже в смысле усиления русского влияния в иноязычной среде Юрьева» [591].

Поскольку Юрьевский университет был единственным, куда в то время могли поступать окончившие духов-

ные семинарии, Д. С. Белянкин подает прошение о приеме его в этот университет. После сдачи экзаменов 27 сентября 1897 г. он получает матрикул № 16575, в котором сказано: «... императорским Юрьевским университетом сим удостоверяется, что Дмитрий Стефанович Белянкин нижеозначенного числа принят в число студентов сего университета по физико-математическому факультету».

К началу XX в. Юрьевский университет становится «семинарским»: около половины его студентов составляли окончившие духовные семинарии [538, 636, 647]. По составу профессуры этот университет был крупным научным центром с замечательными научными традициями. С Юрьевским университетом связаны имена многих крупных ученых и писателей. Его особой достопримечательностью была библиотека, в которой еще до первой мировой войны находилось единственное в России собрание диссертаций почти всех университетов Европы — до 230 тыс. названий [520].

Поступая на физико-математический факультет, студент Белянкин избрал первоначально естественно-историческое отделение. Прослушав лекции на этом отделении, в мае 1898 г. он сдал экзамены по всем предусмотренным программой предметам с оценкой «отлично» [621]. 28 августа 1898 г. Д. С. Белянкин подал прошение о разрешении

перейти на химическое отделение [628], где лекции читал профессор химии Густав Андреевич Тамман. Химия показала студенту более интересным предметом.

На личности Г. А. Таммана следует остановиться немного подробнее, так как, во-первых, работы этого крупнейшего исследователя оставили большой след в петрографии и в разработке его идей многое впоследствии сделал Д. С. Белянкин, во-вторых, Тамман оказал большое влияние на формирование мировоззрения Белянкина.

Г. А. Тамман окончил Дерптский университет, где ему в 1882 г. была присвоена степень кандидата химии [598]. Тогда же его назначили лаборантом при Химической лаборатории; в 1887 г. он становится приват-доцентом, а позже — штатным доцентом [606]. Его педагогическая и научная деятельность началась сразу после окончания университета. Печатные работы принесли ему известность в мире химиков. По рекомендации Д. И. Менделеева он был утвержден в 1892 г. профессором химии и директором Химической лаборатории [499]. Как химик Тамман вырос в основном под влиянием достижений русских ученых-химиков — Д. И. Менделеева, Н. Н. Бекетова, А. М. Бутлерова, Д. П. Коновалова и др. В развитии его научной деятельности большую роль сыграло общее физико-химическое направление русской химии второй половины XIX в.

Забегая немного вперед, кратко остановимся на интересной встрече Таммана с Менделеевым, состоявшейся в Юрьеве в 1902 г. на праздновании столетнего юбилея (1802—1902 гг.) университета. По словам Д. И. Менделеева, он воспользовался юбилеем, чтобы встретиться с юрьевским профессором химии Тамманом и побеседовать с ним о его работах, которыми он очень заинтересовался. В одном из открытий, которые сделал Тамман, Менделеев усомнился и пожелал узнать о нем подробнее от самого автора. Речь идет об открытии полиморфизма льда при высоких давлениях, что наряду с его другими работами принесло ему всемирную известность. Эта работа была опубликована в 1900 г., и Менделеев знал о ней [694]. Собрались в аудитории, и Тамман с мелом в руках излагал свои доказательства. Менделеев внимательно следил за ним сначала с недоверием, под конец оживился, радостно закивал головой в знак согласия и, встав, поздравил Таммана с важным открытием. В своих «Основах химии» Менделеев изложил работу Таммана о полиморфизме льда и высказал свое положительное отношение к ней [575]. Еще раз свое отношение к Тамману и к его работам Д. И. Мен-



Густав Андреевич Тамман
(начало XX в.)

делеев выразил в письме к ректору Юрьевского университета, когда предстояло заместить уехавшего за границу Таммана. Своего «уважаемого друга... оставившего после себя вакантную кафедру и целую школу своих последователей», Менделеев ставит в один ряд с такими «высшими представителями нашей науки», как Вант-Гофф, Рамзай, Дьюар и Ливендт [576].

Ко времени перехода студента Белянкина с историко-естественного отделения на химическое осенью 1898 г. Тамман имел уже до 30 работ по физиологической, неорганической и физической химии, опубликованных в иностранных журналах; первая из них была напечатана в 1885 г. В течение годичного пребывания в университете Белянкин мог присмотреться к молодому профессору Тамману и убедиться в его обширной эрудиции, даровитости и богатой научной инициативе. Это не могло не привлекать к нему пытливого студента.

Из протокола испытательной комиссии физико-математического факультета (химическое отделение) видно, что в декабре 1898 г. студент Белянкин сдал экзамен по аналитической геометрии с оценкой «отлично». Все остальные предметы первых двух семестров при переходе на химическое отделение были ему зачтены.

Во втором полугодии 1898 г. он посещает лекции по кристаллографии профессора Левинсон-Лессинга, по начальной механике магистра Алексеева и участвует в практических занятиях по химии профессора Таммана. В программе занятий первого полугодия 1899 г. значились лекции по аналитической химии Таммана, основы высшего анализа магистра Покровского, а также практические занятия по физике магистра Садовского.

1899 г. был тяжелым для студента Белянкина. На его здоровье сказались материальные лишения, напряженная работа и полуголодная жизнь. Плата за учебу в универси-

тете за один семестр составляла 25 руб., за посещение лекций — особая плата, за практические занятия в лабораториях и кабинетах — дополнительная оплата 5 руб. в полугодие на приобретение необходимых приборов и реактивов. На отдельных факультетах расходы достигали 70 руб. за полугодие, что было непосильно для многих студентов, нуждающихся в материальной помощи [637, 647]. Согласно «Правилам для студентов...», от платы за обучение в университете освобождались лишь студенты отличного поведения, подтвержденного инспектором, которые представляли свидетельство о материальном положении [524, 595].

Студент Белянкин 27 августа 1898 г. подал прошение об освобождении его от платы за слушание лекций во втором семестре этого года «ввиду крайней ограниченности материальных средств» [617]. На следующий день, 28 августа, он подает прошение ректору университета о назначении ему стипендии или денежного пособия, ссылаясь на ограниченность средств и прилагая «ведомость о семейном положении и материальном состоянии» его матери. На этом прошении инспектор написал 16 сентября 1898 г., что студент Дмитрий Белянкин был поведения отличного, а декан Ф. Ю. Левинсон-Лессинг отметил отличную успеваемость по всем предметам [629]. В ответ на все прошения студенту Белянкину было выдано пособие 20 руб.

Среди архивных документов Юрьевского университета хранится несколько прошений за разные годы студента Белянкина об освобождении его от платы за слушание лекций, о назначении денежного пособия. Однако, несмотря на тяжелое материальное положение, он прилежно посещает лекции, усердно занимается в лабораториях, отлично сдает экзамены.

Неблагоприятные бытовые условия, неполноценное питание, напряженная учеба ослабили его организм, он простудился и 16 марта 1899 г. попал в Юрьевскую клинику с плевритом, принявшим затяжную форму. Белянкин решает уехать лечиться домой, в Ламаниху, перед этим пишет прошение об отсрочке части экзаменов второго семестра 1899 г. [626]. Декан факультета Левинсон-Лессинг обращается к ректору университета с просьбой удовлетворить просьбу Белянкина и отложить часть полукурсовых испытаний до мая 1900 г., условно переведя его на третий курс. Он указывает, что студент Белянкин известен на факультете своим прилежанием и трудолюбием и что он проболел почти весь истекший семестр. Отпуск Д. Белянкину был дан до 20 января 1900 г. По возвращении в

Юрьев он старается наверстать упущенное и, получив официальное разрешение [624], успешно сдает экзамены по пяти предметам: кристаллографии, аналитической химии, основам высшего анализа, механике и практической физике. Среди экзаменаторов были Левинсон-Лессинг, Тамман, Андрусов [620].

После сдачи экзаменов Белянкин уезжает на каникулы к себе на родину. Здесь он знакомится со своей будущей женой — Ольгой Евгеньевной Рождественской, работавшей тогда учительницей младших классов сельской школы с. Богородского. В 1902 г. они поженились.

Во втором полугодии 1900 г. Д. С. Белянкин с удвоенной энергией вновь принимается за изучение университетских предметов. На очереди — физическая химия, физиологическая химия, динамическая геология и практические занятия по химии и минералогии. В первом полугодии 1901 г. продолжают практические занятия по химии у Г. А. Таммана, по динамической геологии у профессора Андрусова и посещение лекций по петрографии профессора Левинсон-Лессинга.

В начале 1901 г. Дмитрий Степанович получает у Таммана тему для кандидатской работы — об аллотропии теллура. Но, кроме кандидатской работы, для окончания университета ему надо сдать «градульные», как они назывались в то время (от латинского «gradus», что значит «степень»), испытания.

Перед нами акт, составленный в Юрьеве в декабре 1901 г. комиссиями физико-математического факультета об испытаниях студента Белянкина Дмитрия по химическим наукам: по пяти химическим дисциплинам за подписью Таммана — отметка 5, такие же — за подписью Садовского по термодинамике и Левинсон-Лессинга по минералогии. Но по иронии судьбы создатель новой отрасли знания — технической петрографии, выдающийся русский петрограф и геолог на окончательных испытаниях в Юрьевском университете по петрографии и геологии получает 4,5 балла [618].

Рукопись первой работы Д. Белянкина «Об аллотропии теллура», выполненной в Химической лаборатории Юрьевского университета под руководством Таммана для получения степени кандидата химии, была выслана в Петербург в редакцию «Журнала русского физико-химического общества» в начале сентября 1901 г. и опубликована в том же году [1]. В ней на основе экспериментального изучения Д. С. Белянкин вопреки мнению знаменитого



Д. С. Белянкин и О. Е. Белянкина (1902 г.)

Бертело установил, что теллур, осажденный из щелочного раствора, не аморфен, а состоит из микроскопических ромбоэдров. Профессор Тамман писал 8 февраля 1902 г., что эта работа соответствует требованиям, предъявляемым для получения степени кандидата химии. На основании этого отзыва Советом Юрьевского университета 16 февраля 1902 г. студент Д. Белянкин был утвержден в искомой степени, о чем позже ему был выдан диплом [619].

Естественно, что Дмитрий Степанович должен был продолжать работы по химии в том же университете у своего учителя профессора Таммана. Но последний уезжает в Германию. 1 декабря 1912 г. русская Академия наук в Петербурге избрала Г. Таммана иностранным членом-корреспондентом по физическому разряду Физико-математического отделения [471], а 3 декабря 1927 г. он был избран почетным членом АН СССР.

Отъезд Таммана за границу и встреча тогда с еще молодым профессором минералогии и петрографии Францем Юльевичем Левинсон-Лессингом определили дальнейший путь в науке кандидата химии Д. С. Белянкина [479]. Желая продолжать образование, он 6 февраля 1902 г. подает прошение на имя ректора о приятии его в число студентов Юрьевского университета по естественному факультету, а 8 февраля получает согласие.

Университетские годы Белянкина совпали с ростом революционного студенческого движения по всей стране, от

которого и он не остался в стороне. Реакционная политика царского правительства в отношении к высшей школе резко отрицательно сказывалась и на Юрьевском университете.

Согласно «Правилам для студентов...» [595], Белянкину при поступлении в университет пришлось подписать документ, в котором говорилось: «Я, нижеподписавшийся, даю сию подписку в том, что во время своего пребывания в числе студентов императорского Юрьевского университета обязуюсь не только не принадлежать ни к какому тайному сообществу, но даже без разрешения на то в каждом отдельном случае университетского начальства не вступать и в дозволенные законом общества, в случае нарушения мною сего обещания, подвергаюсь немедленному удалению из университета. Г. Юрьев, 27 сентября 1897 г.» [613].

С введением университетского устава 1884 г. во всех высших учебных заведениях была установлена полицейская слежка как за студентами, так и за профессорами. Юрьевская демократическая молодежь включилась в общий поток студенческого движения в 1899 г. в связи с всеобщим протестом в стране против позорного избиения нагайками студентов Петербургского университета столичной полицией.

К сожалению, о революционной деятельности Д. С. Белянкина в архивах сохранилось очень мало данных.

Среди документов ЦГИА ЭССР находится «список воспитанников высших местных учебных заведений, поименованных в циркуляре лифляндского губернатора от 24 декабря 1901 г. за № 2213, временно выбывших из г. Юрьева», подписанный юрьевским полицмейстером. В списке 54 фамилии, в том числе под № 8 записан Белянкин Дмитрий Степанович. Живет в Юрьеве на Садовой ул., дом № 17, выбыл в Вологду. Документ № 2213 пока обнаружить не удалось, но, судя по списку, Д. С. Белянкин уже в 1901 г. находился под надзором полиции, и этим списком предписывалось полиции других городов организовать за ним слежку. 9 апреля 1902 г. Д. С. Белянкин был арестован и заключен в тюрьму г. Вендена (ныне это г. Цесис) вблизи Риги. В имеющемся документе указано, что Белянкин Дмитрий Степанович, бывший студент Юрьевского университета, задержан и обвиняется в государственном преступлении [612]. После четырехмесячного пребывания в тюрьме Д. Белянкина ссылают на родину, в Вологодскую губернию.

Во время ареста и ссылки моральную и материальную помощь Дмитрию Степановичу оказывает профессор Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, поручая своему ученику по Юрьевскому университету перевод на русский язык книги профессора Гессенского университета Райнхарда Браунса «Химическая минералогия», вышедшей в 1895 г. на немецком языке [4]. Об издании этой книги и выдаче аванса гонорара переводчику Ф. Ю. Левинсон-Лессинг договорился с издательством К. Риккера. Перевод книги Белянкин начал в венденской тюрьме, а закончил в ссылке. В феврале 1903 г. Левинсон-Лессинг отредактировал перевод и написал «Предисловие», а в 1904 г. она вышла из печати.

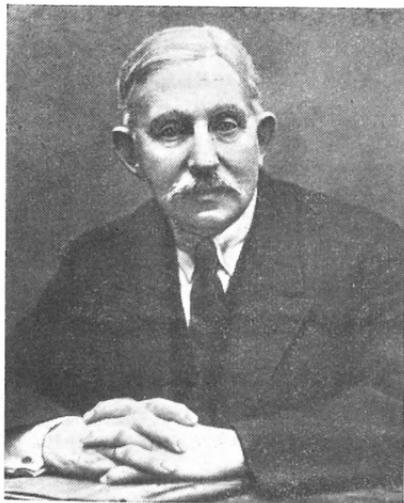
Книга Браунса является тем фундаментом, на котором строилось здание современной физико-химической минералогии. Конечно, знакомство с ней обязательно даже сейчас для всех специалистов-петрографов и минералогов. Важно подчеркнуть, что перевод «Химической минералогии» — это новое, дополнительное издание. Браунс, как сказано в предисловии, целиком пересмотрел книгу и сделал большое число дополнений.

Для Д. С. Белянкина работа над книгой имела большое значение. Она ввела его в минералого-петрографические проблемы и подготовила к должности сотрудника кафедры геологии и минералогии, которую он занял немного позже.

Работа в Политехническом институте 1903—1917 гг.

В 1903 г. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг добился отзыва Д. С. Белянкина из ссылки и пригласил его работать на кафедру минералогии и геологии в Санкт-Петербургский политехнический институт, торжественно открытый 2 октября 1902 г. В августе 1903 г. директор этого института А. Г. Гагарин писал: «Милостивый государь Дмитрий Степанович, приказом по Министерству финансов от 9 августа 1903 года за № 17 Вы определены на службу по ведомству Министерства финансов младшим лаборантом по кафедре минералогии и геологии С.-Петербургского политехнического института с 1 мая 1903 года. Об изложенном имею честь уведомить Вас».

О первых впечатлениях о Белянкине вспоминал А. С. Гинзберг, один из старейших учеников Ф. Ю. Левин-



Ф. Ю. Левинсон-Лессинг

сон-Лессинга, бывший в то время на II курсе Политехнического института: «В 1903 году... появился в качестве второго ассистента молодой человек, исключительно скромный, но сразу привлечший к себе внимание молодежи своим благожелательным, но требовательным... к нам отношением при ведении лабораторных занятий» [518].

Трудно сейчас сказать, было ли со стороны Ф. Ю. Левинсон-Лессинга приглашение Д. С. Белянкина в Политехнический институт продуманным актом или, как в случае перевода книги

Браунса, стремлением избавить способного молодого ученого от тяжелой участи ссыльного. Но, как видно из приведенной цитаты А. С. Гинзберга, он здесь сразу пришелся «ко двору». Вспоминая в дальнейшем первые годы работы вместе с Белянкиным в Политехническом институте, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг не отмечал больших научных успехов своего помощника, и только спустя 8—10 лет ему стал совершенно ясен огромный талант Д. С. Белянкина. Их совместная работа продолжалась вплоть до смерти Ф. Ю. Левинсон-Лессинга в 1939 г. Ими вместе написано много методических руководств для студентов, проведено большое число полевых работ. Однако самое главное — в результате многих лет совместной работы выработалось общее научное мировоззрение, которое их тесно связывало. Всю жизнь они были большими друзьями. Все это делает необходимым кратко охарактеризовать научную деятельность Ф. Ю. Левинсон-Лессинга.

Франц Юльевич Левинсон-Лессинг родился 9 марта 1861 г. в Петербурге в семье врача. В 1883 г. он окончил физико-математический факультет Петербургского университета, в 1888 г. защитил диссертацию магистра «Олонская диабазовая формация», а через 10 лет — докторскую диссертацию «Исследование по теоретической петрографии в связи с изучением изверженных пород Центрального Кавказа» [557, 560]. Педагогическая работа до 1892 г. ве-

лась Ф. Ю. Левинсон-Лессингом в Петербургском университете, с 1892 по 1902 г. — в Юрьевском университете, с 1902 по 1930 г. — в Петербургском (Петроградском — Ленинградском) политехническом институте. Кроме того, с 1902 по 1920 г. он преподавал на Высших Бестужевских женских курсах, а с 1921 по 1935 г. — в Петроградском (Ленинградском) университете.

В конце XIX—начале XX в. профессор Левинсон-Лессинг, несмотря на молодость, имел широкую международную известность, являясь одним из лидеров петрографической науки. Уже к концу XIX в. он выступил с оригинальной концепцией генезиса магматических горных пород. В те годы предполагалось, что под твердой земной корой находится область сплошного однородного огненно-жидкого расплава, так называемой магмы, и что за счет этой единой магмы образовывались все магматические горные породы. Изучив распространение различных горных пород на земной поверхности, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг показал, что здесь преимущественно распространены гранитные и базальтовые горные породы. Все промежуточные разности встречаются гораздо реже. Он предположил, что все горные породы образуются за счет двух магм — гранитной и базальтовой. Только граниты и базальты, по его данным, кристаллизуются непосредственно из первичных магм, а все остальные горные породы являются их производными. Однако это предположение было бы мало понятным, если бы Левинсон-Лессинг не предположил существования в недрах земли процесса разделения жидкой магмы на две несмешивающиеся жидкости. Механизм этого разделения он назвал «синтектически ликвационным». Подобием такого разделения являются, по его мнению, вариолиты — своеобразные горные породы, состоящие из основной массы и погруженных в нее шариков иного химического и минералогического состава, чем основная масса. Такие породы Ф. Ю. Левинсон-Лессинг описал еще в самом начале своей деятельности на Ялгубе (близ Петрозаводска) [676].

Эта теория была весьма благожелательно принята петрографами. В частности, взгляды Левинсон-Лессинга на магматическую дифференциацию и образование всех магматических горных пород из двух родоначальных магм принял в своих классических работах американский петрограф Р. Дэли. Особенно остро дискутировалась проблема о числе родоначальных магм петрографами в 30-х — начале 40-х годов нынешнего века, когда другой знаменитый американский петрограф Н. Боуэн на основе созданной

им концепции, так называемой кристаллизационной дифференциации, усиленно доказывал, и сначала, казалось, доказал, что все магматические горные породы берут начало от одной базальтовой магмы. Однако эксперимент не подтвердил предполагавшихся возможностей кристаллизационной дифференциации, и от построений Н. Боуэна пришлось отказаться. Вместе с тем от предположения о существовании единой базальтовой магмы многие петрографы отказаться не хотели. Поэтому в конце 40-х — начале 50-х годов возникали многие, иногда противоречивые представления о природе гранитной магмы; предполагалось даже и немагматическое происхождение гранитов. По иронии судьбы Н. Боуэн перед самой кончиной, в конце 50-х годов, нашел доказательство существования второй гранитной родоначальной магмы [504]. Таким образом, идеи Левинсон-Лессинга полностью подтвердились.

Второе важное предложение Ф. Ю. Левинсон-Лессинга — это классификация горных пород на основе их химического состава, которое в принципе встретило восторженный прием, однако конкретная методика классификации, использующая так называемую «магматическую формулу», вызвала много возражений. Тогда же американские петрографы предложили свою методику пересчета химического состава горных пород. В настоящее время признано наиболее правильным классифицировать горные породы на основе минерального состава. Вместе с тем учение о химизме горных пород, предлагающее самые различные способы пересчета анализов горных пород, ведущее начало от «магматической формулы» Левинсон-Лессинга, сейчас превратилось в самостоятельную научную дисциплину, получившую название петрохимии.

Последующие многочисленные работы Ф. Ю. Левинсон-Лессинга и возглавляемой им лаборатории еще более утвердили его научный авторитет среди геологов и петрографов. Позднее, вспоминая о Левинсон-Лессинге, Д. С. Белянкин в 1949 г. писал, что «ям сделано в петрографии исключительно много. Не будет преувеличением сказать, что именно с него начинается действительный расцвет нашей отечественной петрографической науки» [379, 201].

Необыкновенные нравственные качества Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, его большая тактичность, благожелательное отношение к коллегам, огромные знания, которыми он охотно делился, привлекали к нему молодых исследователей [263]. Естественно, что Белянкин работал на кафедре, возглавляемой Ф. Ю. Левинсон-Лессингом, с большим ин-

тересом и весьма продуктивно. Однако за первые шесть лет им написаны и опубликованы только четыре статьи; если учесть, что всего у него было около 450 научных публикаций и что в дальнейшем в свет выходило примерно по 8—10 книг и статей ежегодно, четыре работы в шесть лет — чрезвычайно мало. Надо сказать, что и работы эти были компилятивными и не являлись результатом личных исследований; однако, несмотря на это, они освещали переломный край науки того времени.

В первой из них [2] составлен обзор исследований профессора Таммана о плавлении и кристаллизации, причем выделены те факторы, которые особенно важны для понимания образования структур кристаллизующихся магматических пород. В первую очередь в этой работе подчеркивалось различие между скоростью образования кристаллических зародышей и скоростью их роста, определяющее крупность зерна породы. Д. С. Белянкин обращает внимание и на природу различий между твердым и жидким веществом.

Вторая работа [3] — рецензия на книгу О. Лемана «Жидкие кристаллы» [674]. Оказалось, что некоторые жидкости имеют постоянную анизотропию и обладают двойным светопреломлением. Впервые это явление было открыто австрийским ботаником Ф. Рейницером в бензойнокислом холестерине (1889 г.). Позже немецкий физик О. Леман обнаружил его во многих органических соединениях. Он ввел понятие о «жидких кристаллах». Это явление вызвало огромный интерес, но было малопонятным; для его изучения в Гейдельбергский университет к профессору Бредигу [505, 530] был командирован младший лаборант кафедры Н. С. Курнакова в Петербургском политехническом институте Г. Ю. Жуковский [605].

Изучение жидких кристаллов показало, что явление поляризации света, которое до открытия этих веществ тесно связывалось с кристаллическим состоянием, может вызываться некоторыми органическими жидкостями, способными течь и менять свою форму. Стало известно, что поляризующие жидкости при охлаждении и нагревании переходят в неполяризующие и обратно. Сейчас это явление прекрасно изучено и широко используется на практике; в частности, многие тепловизоры и некоторые электронные приборы с цифровой индексацией используют особенности жидких кристаллов. В начале века явление жидких кристаллов казалось загадочным и непонятным, но и тогда уже отчетливо было видно, что способность поляризовать свет

связана со свойствами молекул этих веществ. Молекулы, как оказалось, имеют вытянутое волокнистое (или пластинчатое) строение и располагаются одна параллельно другой как в покое, так и при течении [515, 577]. Подобное строение уподобляет такие жидкости кристаллам и вызывает поляризацию света. В своей рецензии Д. С. Белянкин указывает на необходимость тщательного исследования оптических свойств жидких кристаллов. Значение рецензии, однако, состояло в том, что она привлекла внимание специалистов-кристаллографов к этому явлению и отмечала его большую важность в природных процессах.

Третья работа Д. С. Белянкина того же периода, как и две предыдущие, также находится на грани минералогии и химии. Это «Краткое руководство по микрохимическому анализу минералов», книга о способах распознавания химических веществ по характеру и форме их кристаллов в осадках, наблюдаемых под микроскопом. Микрохимический анализ в те годы получил довольно большое развитие, потом его значение резко снизилось. В настоящее время этой методикой практически не пользуются, так как, во-первых, форма кристаллов не всегда достаточно характерна и во многом зависит от условий кристаллизации, во-вторых, в начале века появился, а к середине нынешнего столетия развился метод рентгенодиагностики минералов и химических веществ, который для любых кристаллов позволяет однозначно и совершенно точно устанавливать константы кристаллического вещества и тем самым полностью его определить. Значение «Краткого руководства...» было главным образом учебное — книга служила пособием для занятий со студентами.

Наконец, четвертая работа Д. С. Белянкина также была учебной — это перевод с немецкого таблиц К. Фукса для определения минералов по внешним признакам и простейшим химическим реакциям. Значение этих таблиц трудно переоценить; они широко применялись в учебных заведениях России и сослужили огромную службу в геологическом образовании русских и советских петрографов. Значение таблиц тем более велико, что по их принципу потом составлялись многие, более совершенные русские определители минералов.

Несмотря на малое число публикаций, первые годы пребывания Д. С. Белянкина в Политехническом институте были для него годами интенсивной работы. В это время он глубоко изучает геолого-петрографические предметы, преподает и очень много читает. Именно тогда он овладел



Д. С. Белянкин в Минералогической лаборатории

«геологическим мышлением», и его первые геологические книги, опубликованные в 1909—1912 гг., являются уже трудами специалиста-петрографа, владеющего арсеналом современной ему петрографической науки.

Важнейшей стороной деятельности Д. С. Белянкина тех лет является овладение им в совершенстве методами микроскопических исследований. Следует отметить, что петрографический микроскоп в отличие от биологического является не столько увеличительным прибором, сколько точнейшим измерительным инструментом. С помощью петрографического микроскопа определяются принадлежность кристаллов минералов к той или иной кристаллической сингонии, его оптические константы, такие, как двупреломление, ориентировка и форма оптической индикатрисы в кристалле (иначе говоря, полное и точное в цифрах описание оптических свойств кристалла), а позднее, когда появился иммерсионный метод, стало возможным определение точных величин светопреломления кристаллов и их удельного веса.

Д. С. Белянкин не только тщательно изучил все существовавшие методы работы с микроскопом, но и подошел к ним творчески: он во многом их усовершенствовал и упростил. Именно в эти годы им закладывается основа общей

теории микроскопических исследований кристаллов, которые впоследствии, в начале 20-х годов XX в., составили содержание его знаменитой «Кристаллооптики», выдержавшей пять изданий и переведенной на многие иностранные языки [97 и др.].

В 1903—1904 г. Д. С. Белянкин составил первый вариант таблиц, служивших для определения горных пород и минералов различными методами. Впоследствии эти таблицы дополнялись и совершенствовались как самим Белянкиным, так и Левинсон-Лессингом. В дальнейшем они многократно переиздавались [5, 23, 34, 92, 155] при указании авторства обоих исследователей.

В 1904 г. Совет Политехнического института командировал Д. С. Белянкина в Германию, Австро-Венгрию и Швейцарию для ознакомления с методами преподавания минералогии в университетах и высших технических школах.

В 1905 г. кандидат химии Белянкин получает повышение. 5 апреля 1905 г. директор Политехнического института А. Г. Гагарин извещает его, что он, согласно приказу по Министерству финансов от 26 марта этого года, назначается старшим лаборантом на кафедре минералогии и геологии с 1 февраля. В этой должности он остается до 1920 г., когда ему присваивается звание профессора.

Лекции по всему геологическому циклу наук (кристаллография, минералогия, геология, петрография и учение о полезных ископаемых) читал на кафедре Ф. Ю. Левинсон-Лессинг. Он же осуществлял общее руководство практическими занятиями и дипломниками. Практические занятия со студентами вели его ассистенты, которые назывались тогда лаборантами, — магистр минералогии и геогнозии В. К. Агафонов и кандидат химии Д. С. Белянкин. Лаборатория минералогии и геологии Политехнического института [494] занимала несколько комнат. Так как в институте большое значение придавалось практическим занятиям, то самое большое помещение было оборудовано для лабораторных занятий с паяльной трубкой, моделями кристаллов и микроскопами. В минералогическом музее кафедры была собрана коллекция минералов (свыше 3500 образцов). Кроме того, имелись отдельные помещения для фотографирования, резания горных пород и изготовления минералогических шлифов.

А. С. Гинзберг писал, что, несмотря на служебную роль минералогических дисциплин в общеметаллургическом образовании, с первых же дней существования кафедры минералогии и геологии у студентов проявлялась тяга к спе-

циализации в области геологических наук [516]. Наибольшее число дипломных работ на металлургическом отделении выполнялось по кафедре минералогии и геологии под руководством Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, а позже — Д. С. Белянкина [517].

Экспериментальные научные работы, начатые еще в Юрьевском университете, Левинсон-Лессинг вместе со своими сотрудниками продолжал в Политехническом институте сначала в хорошо оборудованной лаборатории общей химии, позже во вновь организованной лаборатории экспериментальной минералогии и петрографии. Необходимо отметить, что физико-химическое исследование силикатных систем началось в Петербургском политехническом институте и в Геофизической лаборатории в Вашингтоне одновременно [561, 565, 569].

Вспоминая о встречах с Белянкиным, профессор С. А. Погодин в письме от 7 февраля 1978 г. к автору рассказывает, что он был принят в число студентов металлургического отделения Петербургского политехнического института осенью 1912 г. В 1913 г. он проходил у Белянкина практические занятия по минералогии, которые начинались с определения минералов по внешним признакам (кристаллическая форма, цвет, блеск, вид излома), твердости по шкале Мооса, плавкости по минералогической шкале. Для определения по внешним признакам служила учебная коллекция минералов (около 250 названий). Затем следовало определение минералов при помощи паяльной трубки, а также простейших химических и микрохимических реакций. Д. С. Белянкин был всегда очень внимательным, терпеливым и в то же время требовательным руководителем. Особенно большое внимание он обращал на характеристики цвета минералов. На его взгляд, недостаточно было говорить: желтый, зеленый; за этим следовало обязательно: «А точнее?». Следовало ответить: серно-желтый, лимонно-желтый, чижиково-желтый, канареечно-желтый, винно-, медово-, оранжево-желтый и т. д.; травянисто-зеленый, селадано-зеленый, яблочно-, луково-, изумрудно-зеленый и т. п. Многим это казалось лишним, на самом же деле такие требования развивали наблюдательность. Универсальный столик Федорова в исследованиях минералов Белянкин считал ценнейшим изобретением [42, 43].

Микроскопическим анализом Д. С. Белянкин владел в совершенстве. Его работа с микроскопом была поистине виртуозна, будь то изучение под микроскопом минералов иммерсионным методом или в прозрачных шлифах. «Про-

шло уже 65 лет с того времени, как я занимался определением кристаллов и минералов под руководством Д. С. Белянкина, — пишет С. А. Погодин. — Его образ как талантливого педагога, прекрасно знающего свой предмет, глубоко любящего свое дело, умело передающего свои знания и опыт, навсегда сохранился в моей памяти»¹. Помимо микроскопических исследований, он проводил и весьма трудоемкие количественные химические анализы, например анализы криптопертита из копи апатита у Савельева Лога [47], или лестиварита Большого Камня на Урале [140]. Для него не было в науке больших и малых дел. Он неоднократно повторял, что «все в науке существенно важно и должно восприниматься как стимул к новому, еще более интенсивному труду» [476].

В это время Д. С. Белянкин становится не только физико-химиком, но и минералогом-петрографом; во всех его многочисленных трудах видно прочное сочетание двух специальностей: петрографа-минералогa и физико-химика.

Экспедиции на Урал

В конце первого десятилетия XX в. академик В. И. Вернадский обращает внимание на необходимость изучения радиоактивных руд. В Академии наук создается «радиевая экспедиция». К работе в составе этой экспедиции был привлечен и Дмитрий Степанович в качестве петрографа для изучения Ильменских гор, где одновременно вели минералогические исследования В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман и их помощники.

Полевые работы Д. С. Белянкина на Урале велись до первой мировой войны, затем продолжались после Октябрьской революции, в конце 20-х годов, и, наконец, очень интенсивно — в период Великой Отечественной войны, когда необходимо было снабжать сырьем военную промышленность.

Вспоминая о своих молодых годах в одном из писем к автору, Д. С. Белянкин признавался, что с наступлением весны им овладевала тяга к путешествиям: тянуло в поле и в горы. Некоторые исследователи неверно представляли себе Белянкина «кабинетным ученым». Он с увлечением ездил на Север, на Урал и Кавказ, посещал заводы и фабрики. Бытовые и путевые лишения его не останавливали [498]. Письма Д. С. Белянкина, регулярно посылаемые

¹ Из архива автора.

отовсюду, — по сути своей его дневники. Они помогают проследить за маршрутом его передвижений то на поезде, то пешком по шпалам, то верхом на коне по ущельям гор, вдоль ледников или по берегу горной реки.

В июле 1906 г. Дмитрий Степанович посетил Северский завод на Среднем Урале, в 40 км к югу от г. Екатеринбург (ныне Свердловск). Затем он направился в Сысерть, потом — на оз. Шарташ и дальше — на Полевской завод, расположенный километрах в 10 от Северского.

В 1907 г. Белянкин посетил Каслинский завод, известный своим художественным чугунным литьем; в этом районе его интересовали месторождения корунда. Следующую поездку на Урал Д. С. Белянкин совершает в 1910 г.; здесь он вновь посещает Сысерть, Кыштым, Уфалей, Касли и Соймоновские золотые прииски.

По результатам наблюдений, сделанных во время полевых работ этих лет, Белянкин опубликовал серию интереснейших работ. На первое место здесь следует поставить петрографические исследования, относящиеся к Ильменским горам (1909—1910 гг.), где одновременно проводила работы группа В. И. Вернадского. Петрографически интересная область развития редких пород, очень богатых щелочами, впервые подверглась такому подробному описанию. Дмитрий Степанович составил карту этого региона, на которой показал распространение здесь горных пород [7, 11]. В 1912 г. Д. С. Белянкин снова посещает Ильменские горы, где дополняет свои наблюдения. 28 июня 1912 г. со станции Миасс в письме жене он сообщает, что намеченная работа на Урале почти закончена. «...В. И. Вернадский уже уехал, остальные — А. Е. Ферсман, В. И. Крыжановский, Ревуцкая и Лебедева — пока каждый день ездят на копи...»

К изучению Ильменского района Д. С. Белянкин возвращался неоднократно. Проблема образования развитых здесь редчайших горных пород и минералов была объектом весьма бурных дискуссий, в которых принимал участие академик А. Н. Заварицкий [533]. Надо отметить, что и сейчас проблема образования щелочных пород не может считаться окончательно решенной.

Вторым объектом детальных исследований этого периода были так называемые «кыштымиты» — очень своеобразные породы, содержащие корунд — минерал, исключительно редко встречающийся в магматических породах. В окрестностях Кыштыма и Каслей кыштымиты имеют характерные взаимоотношения между слагающими их ми-

пералами, что говорит о кристаллизации этих пород именно из магматических расплавов. Этот вывод рассматривается сейчас как один из возможных, поскольку проблема образования подобных пород продолжает обсуждаться. Несколько позднее корундовые породы Кыштыма изучались как источник абразивного материала. Наконец, в наше время вновь возник интерес к этим породам и их генезису. Были найдены факты, свидетельствующие о том, что корунд в них образовался уже после того, как все остальные минералы выделились из магматического расплава. Это говорит о том, что корунд мог возникать в результате воздействия на ранее закристаллизованную магматическую породу растворов, действовавших позднее (постмагматических растворов).

Доказательств как кристаллизации корунда из магматического расплава, так и его формирования с участием постмагматических растворов пока нет, и вновь пересматриваются факты, изученные и описанные Д. С. Белянкиным почти 70 лет назад.

Экспедиции на Кавказ

Закавказье в начале XX в. было связано с Центральной Россией или весьма трудной Военно-Грузинской дорогой, по которой проходил только гужевой транспорт, или весьма длинной железнодорожной веткой через Баку. Естественно, что всегда существовали проекты соединения Северного Кавказа и Закавказья железной дорогой, проходящей через перевалы Центрального Кавказа.

В конце прошлого столетия к геологическому изучению наиболее вероятных трасс железной дороги был привлечен профессор Петербургского университета А. А. Иностранцев, который, в свою очередь, пригласил к изыскательским работам Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. В 1909—1914 гг. интенсивность работ увеличилась, и на подступах к перевалам Центрального Кавказа работала очень большая группа геологов; в качестве петрографа был приглашен и Д. С. Белянкин. Отчет о результатах работы этой группы исследователей был опубликован.

Попав на Кавказ и в Закавказье, Д. С. Белянкин одновременно с порученными ему работами по изучению геологии районов перевальных трасс исследовал и другие районы, где ранее были известны выходы интересных горных пород. Особенно результативными оказались его исследования в Красной Поляне — небольшом урочище, располо-

женном в горах к северу от г. Сочи. Там он описал так называемые альбитовые диабазы. Порода эта встречается часто, здесь же ее состав оказался довольно неожиданным: она весьма богата кальцием, магнием и относительно бедна кремнеземом, включенные же в нее в больших количествах кристаллы полевого шпата почти совсем не имеют кальция, содержат натрий и относительно богаты кремнеземом. Кристаллы с таким химическим составом по законам физико-химии не могли кристаллизоваться прямо из магмы, давшей начало этому диабазу. Исследовав породу Красной Поляны, Д. С. Белянкин показал вторичность полевого шпата, т. е. что он изменил свой состав уже после кристаллизации породы [14, 15].

Именно в этой небольшой работе Д. С. Белянкин вплотную подошел к проблеме, и в наше время не потерявшей своей актуальности, — к проблеме генезиса альбитовых пород — непреходящих членов так называемых офиолитовых формаций, которые, как мы сейчас знаем, являются продуктами деятельности подводных (океанических) вулканов в области глубочайших разломов земной коры, проходящих в центре океанов. И в наше время идут споры по вопросу, оставшемуся неясным Д. С. Белянкину: возникло ли обогащение лавы натрием при взаимодействии жидкой лавы с морской водой при излиянии лавы на дно океана или это результат обработки богатыми натрием растворами уже застывшей породы в толще океанического дна. Д. С. Белянкин был ближе ко второй точке зрения.

Еще одной крупной петрографической проблемой, которую решал Д. С. Белянкин, были так называемые тешениты. Хотя эти породы впервые были описаны на границе между современными Польшей и Чехословакией, но, как показал еще в конце прошлого столетия знаменитый чешский петрограф Густав Чермак, наиболее типичными тешенитами являются не чешские горные породы, а образцы пород, которые ему были присланы из окрестностей г. Кутаиси в Грузии. Особый интерес к этим тешенитам заключается в том, что в них присутствуют цеолиты — минералы, содержащие в своем составе довольно много воды. И тем не менее тешенит — порода, явно кристаллизовавшаяся из магматического, т. е. высокотемпературного, расплава. Проблема заключается в неясности того, как могла вода, вещество чрезвычайно летучее, войти в состав минерала при кристаллизации породы, что, как предполагалось, происходило при температурах 500—600° С. Д. С. Белянкин показал, что цеолиты начинают кристалли-

зоваться на последних этапах отвердевания магмы, когда ее температура уже несколько снизилась; имеются в породе и цеолиты, кристаллизовавшиеся уже после того, как вещество породы застыло почти полностью. Однако «определяют» тешенит именно магматические цеолиты. Проблема образования тешенитов до сих пор сохраняет свою актуальность, и представления Д. С. Белянкина принимаются сейчас как один из возможных вариантов.

Впервые район г. Кутаиси, местечки Курсеби и Опурхети, где на дневную поверхность выходят тешениты, Д. С. Белянкин посетил в 1909 г. Результат изучения собранного здесь материала был настолько интересен, что свои работы в следующий полевой сезон он начал именно с тешенитов [19]. Кавказ оказался регионом, очень богатым тешенитовыми породами. Дмитрий Степанович впоследствии, уже после революции, продолжал их изучать в окрестностях г. Ахалцихе и с. Никорцминда, а также в ряде других мест.

Позднее, уже после смерти Д. С. Белянкина, изучение тешенитов Кавказа продолжали его ученики: в Грузии профессор Н. И. Схиртладзе, в Азербайджане академик АН АзССР М. А. Кашкай. В последние годы цеолиты приобрели очень большое практическое значение как адсорбенты и молекулярные сита; они широко используются в химической и нефтехимической промышленности. Сейчас месторождения цеолитов усиленно разведываются, ведутся их новые поиски. Обсуждения генезиса этих месторождений обычно начинаются с рассмотрения взглядов Д. С. Белянкина. Но, несмотря на большой интерес Д. С. Белянкина к альбитовым диабазам и тешенитам, главной задачей его полевых работ на Кавказе были исследования в районе перевалов Большого Кавказа по проектируемым направлениям.

В 1913 г. Дмитрий Степанович проводил на Северном Кавказе дополнительные сборы материалов, необходимых для описания горных пород района перевалов; в с. Кюсти он вел картирование окрестностей.

Летом 1914 г. Белянкин вместе с несколькими студентами Политехнического института вновь приступил к работе на территории современной Кабардино-Балкарии и к изучению ее горных пород. 11 июня он приехал в Нальчик, который в те годы был центром, откуда начинали изучение ближайшей части Кавказа [541]. 24 июня 1914 г. экспедиция расположилась в местечке Думала, на высоте более 3 км над уровнем моря. Условия работы были весь-

ма тяжелыми. Отдельные экскурсии не удавалось закончить к вечеру, и приходилось оставаться на скалах на ночь. В Кабардино-Балкарии Белянкин нашел очень молодые глубинные породы, примерно такие же, которые он описал в окрестностях Казбека. Его предшественники, изучавшие геологию этих мест, не распознали их.

Первая мировая война прервала полевые работы Д. С. Белянкина на Кавказе. В это время он ведет очень большую работу по изучению собранного ранее материала в лаборатории и публикует результаты исследований. Уже в 1914 г. выходит из печати большой том геологических трудов, посвященный изучению района кавказской перевальной дороги. Задача этого тома — помочь проектированию перевальной дороги [27].

Из чисто производственных работ Д. С. Белянкина заслуживает упоминания составленная с его участием геологическая карта Архотского перевала [28, 30], где показаны все горные породы района, которые должна была пересекать трасса дороги через Кавказский хребет, и породы, которые должны были встретить прокладчики туннеля. Второй такой работой был расчет возможных температур горных пород, которые могли встретиться при проходке туннеля. Таких расчетов ранее у нас не делалось, и это было новым словом в инженерной геологии.

Наибольший интерес, однако, представляла цитируемая до сих пор книга Дмитрия Степановича по геологии дарьяльского гранита [29]. Относительно мягкие глинистые сланцы, в основном слагающие Главный Кавказский хребет на перевале и размываемые Терекком, смеяются здесь двумя крупными телами гранита — исключительно крепкой горной породой. Между этими гранитными телами Терек прорыл глубокое ущелье с очень крутыми склонами. Геологическая карта Дарьяльского гранитного массива была крайне необходима строителям железной дороги, и именно такую карту составил Д. С. Белянкин [31]. Исследованный дарьяльский гранит оказался весьма своеобразным: в нем вместо обычно присутствующей в гранитах магнезиально-железистой слюды — биотита содержится хлорит — минерал, более богатый водой и образующийся при относительно малых температурах. Как возник здесь этот минерал, совершенно непонятно. Граниты, как известно сейчас, кристаллизуются при температурах 600—700°C. Хлорит при этих температурах не может образовываться. В годы работы Д. С. Белянкина на Кавказе предполагалось, что температура кристаллизации гранита еще выше.

Поэтому в книге Белянкина и в учебниках пример дарьяльского гранита рассматривался как совершенно необычный случай.

Потребовались дальнейшие длительные исследования, чтобы понять и объяснить эту аномалию. Сейчас предполагается, что после полного отвердения гранита произошло его вторичное изменение (метаморфизм) при относительно низких температурах. В период метаморфизма биотит претерпел переход в хлорит. Таким образом, присутствие хлорита в дарьяльском граните можно рассматривать как доказательство существования на Кавказе мощного постраничного метаморфизма. Это явление безусловно должно было отразиться на других породах Главного хребта, что, в свою очередь, заставляет несколько иначе подходить к геологической истории региона.

Вторая особенность геологии Дарьяльского гранитного массива, замеченная Д. С. Белянкиным, заключается в том, что гранит и частично вмещающие гранит сланцы прорезаны многочисленными жилами диабазы — горной породы, застывавшей на относительно небольшой глубине, но бывшей в момент внедрения весьма горячей; предполагается, что их температура достигала 1000—1200°C.

В годы работы Д. С. Белянкина в Дарьяльском ущелье эта температура была еще неизвестна. Изучая контакты гранита со сланцем и пересечение их диабазами, Дмитрий Степанович заметил, что в районе диабазовых жил имеются еще более мелкие жилки, близкие по минеральному составу к гранитам. Он описал их как вторичные, образовавшиеся в результате расплавления гранита под действием диабазы; сейчас, когда температуры гранитного и диабазового расплава известны, можно смело говорить о возможности такого расплавления, но в те времена гипотеза вызвала большую дискуссию. Вопрос о природе этих мелких жилок крайне важен: если признать, что они отходили от не успевшего еще застыть гранитного расплава, то надо считать, что гранит застывал среди тех сланцев, в которых он сейчас залегает, т. е. гранит моложе сланцев, а если прав Д. С. Белянкин, то гранит древнее сланцев. От относительного возраста зависит довольно много. По нему можно судить о рудоносности района и о распределении гранитов на глубину. Изучение дарьяльских гранитов продолжается, и хотя окончательного решения еще нет, все факты говорят о том, что Белянкин прав.

Еще одно открытие было сделано в процессе исследования перевальной дороги. В верховьях р. Хевсурской

Арагвы, у Архотского перевала, есть небольшая конусовидная гора Калько. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в первые годы работы на Кавказе еще в прошлом столетии обратил внимание на эту гору. Ее вершину слагала порода, по своему облику и химическому составу близкая к граниту, но в противоположность граниту образовавшаяся при застывании магмы в толще земли очень близко к поверхности. Выход магматической породы на горе Калько получил тогда название «лакколита Калько» (лакколит — это геологическое тело, образовавшееся при застывании магмы в толще земной коры близ поверхности).

Когда Д. С. Белянкин попал на Архотский перевал, лакколит Калько в общих чертах уже был изучен, но Дмитрий Степанович заметил новое. Еще ранее, изучая Казбек и его отроги, он обнаружил и закартировал небольшие гранитные тела, структура которых несколько отличалась от структуры обычных гранитов. Теперь же, изучив породу, слагающую лакколит Калько, Белянкин увидел их большую близость. Правда, граниты Казбека по своему структурному типу ближе к гранитам, чем порода Калько. Иначе говоря, среди горных пород, слагающих Центральный Кавказ, гранит встречается в двух видах: один, близкий к дарьяльскому, другой, похожий на казбекский и даже на породу Калько. На примере дарьяльского гранита Д. С. Белянкин описал древнейший для Кавказа гранит, залегающий в основании пород Главного Кавказского хребта, а на примере небольших гранитных массивов на горе Калько, на склоне и в отрогах Казбека им изучены очень молодые гранитные тела, которые явно моложе сланцев и, по его выражению, относятся «к самым поздним этапам деятельности Казбека». До этих описаний никто не предполагал существование на Кавказе таких молодых гранитов.

Очень важно, что тогда же Д. С. Белянкин сформулировал признаки, отличающие молодые граниты от древних, которые давали возможность узнавать молодой гранит даже в речных галечниках. Об этих молодых гранитах Дмитрий Степанович сообщал в работе, опубликованной в 1914 г. [29], и домой в письме из района ледника Дых-Су. Эти породы описаны им в 1915 г. [40], а в 1918 г. появилось описание таких же пород по рекам Ардон и Урух [50].

К началу 1915 г. Д. С. Белянкин опубликовал более 30 научных статей и переводов по геологии, петрографии и минералогии. Они были посвящены Ильменским горам и Верхнеуфалейской даче, кыштымиту Каслей на Урале, альбитовому диабазу Красной Поляны на Кавказе и другим вопросам. Кандидат химии имел все основания претендовать на очередную степень магистра. Согласно существовавшему тогда порядку степень магистра могли получать лица, которые по окончании университетского курса выдержали устные испытания в данной отрасли наук и публично защитили одобренную факультетом диссертацию.

20 мая 1915 г. Д. С. Белянкин направляет прошение в физико-математический факультет Юрьевского университета. Прилагая список своих печатных трудов, он просит факультет допустить его к испытаниям на степень магистра минералогии и геогнозии [631]. С 20 мая по 9 сентября 1915 г. [614—616, 627, 632], т. е. около четырех месяцев, решался вопрос, можно ли кандидату химии держать экзамены на ученую степень магистра минералогии и геологии, имея уже значительный педагогический стаж в высшем учебном заведении по этим предметам, значительный опыт в геолого-петрографических изысканиях и богатый список научных трудов.

Все предусмотренные [630, 634, 635] экзамены на степень магистра Д. С. Белянкин выдержал. Кроме того, 7 февраля 1917 г. он представил сочинение на тему «О происхождении кристаллических сланцев» (объемом около четверти авторского листа). Текст его не был опубликован и хранится в ЦГИА ЭССР [633].

В конце этого сочинения находится печатный штамп: «Заслушано на заседании физико-математического факультета 21 февраля 1917 г.» и далее: «Постановлено: признать выдержавшим испытания на степень магистра минералогии и геогнозии». Согласно положениям, существовавшим в России до революции, Д. С. Белянкин стал «магистрантом». Для получения ученой степени магистра ему предстояло защитить диссертацию. Но объективные причины помешали сделать это.

Научная деятельность в 1917—1935 гг.

После Октябрьской революции требовалось немало времени для перестройки народного хозяйства, тем более что интервенты со всех сторон старались задушить новое в стране, ослабленной и разоренной войной. Те ученые, которые с открытой душой встретили революцию, не могли стоять в стороне от созидательного труда и старались внести посильный вклад в общее дело. И Д. С. Белянкин, подобно другим ученым, принявшим революцию, не покладая рук вел научную работу.

В 1917—1918 гг. выехать из Петрограда было крайне трудно и экспедиционные работы были невозможны. Д. С. Белянкин вместе с Ф. Ю. Левинсон-Лессингом активно сотрудничал с Комиссией по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), созданной еще в 1915 г. и возглавляемой А. Е. Ферсманом.

Одной из важнейших задач Комиссии было изучение строительного камня. Однако выяснилось, что оценка его крайне трудна; изучение строительного камня в России было начато с качественного моделирования работы камня в сооружениях. Д. С. Белянкин решил связать данные механических свойств камня с его петрографическими особенностями. В качестве материала для изучения этой связи была использована большая коллекция испытанных образцов строительного камня, собранная профессором Н. А. Белелюбским (1845—1922) [64], который в течение ряда лет (с 1896 по 1912 г.) изучал строительные материалы почти по всей территории России с помощью разработанных им методов физико-механических исследований камня в возглавляемой им же механической лаборатории Института инженеров путей сообщения в Петербурге.

Значение работы, проведенной Д. С. Белянкиным, весьма велико. Оказалось, что простых связей между минеральным составом и структурой горной породы, с одной стороны, и сопротивлением ее сжатию или иными прогнозными характеристиками материала — с другой, нет. Однако было отчетливо показано, что такая зависимость неизбежна и что повсеместное изучение физико-механических свойств горных пород параллельно с их петрографическим изучением, а также с исследованием в поле, на месте их залегания, может дать очень много для познания как практических свойств камня, так и его природы. Эта ра-

бота явилась началом целой серии трудов в области строительного камня и изучения физико-механических свойств горных пород, что позднее выделилось в специальную дисциплину, названную «петрофизикой». Исследования стали ныне классическими, и, не взирая на их более чем полувековую давность, они до сих пор имеют большой научный интерес и значительную практическую ценность [589].

Изучение физико-механических свойств горных пород Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и Д. С. Белянкин в дальнейшем поручают своему ученику, тогда только что окончившему Политехнический институт, а позднее известному профессору, — Б. В. Залесскому, который организует при петрографических учреждениях Академии наук петрофизическую лабораторию. Сам Дмитрий Степанович начал работать в новом направлении по оценке горных пород — стал изучать поведение камня непосредственно в сооружениях. В 1918 г. им были изучены камни в зданиях и надгробных памятниках Александро-Невской лавры в Петрограде [65]. И это направление также получило дальнейшее развитие. Впоследствии учениками Д. С. Белянкина были исследованы каменные памятники Центральной России, Москвы и других районов.

Как только появилась возможность выезжать в поле, Д. С. Белянкин начал еще одну работу, основанную на результатах изучения коллекции Н. А. Белелюбского. Обследовав карьеры каменного материала, который использовался еще в строительстве старого Петербурга, он сравнил характеристики камня в природе и в сооружениях. Д. С. Белянкин разработал методы изучения карьеров и полевой оценки камня. Эти методы, впоследствии усовершенствованные, продолжают применяться и в настоящее время.

После Октябрьской революции Мурманская железная дорога, построенная с большими трудностями во время первой мировой войны для доставки в центр военного оборудования, бездействовала. Ее руководство обратилось в Академию наук с просьбой изучить район, тяготеющий к этой дороге, и показать возможности его промышленного освоения. С этой целью были предприняты знаменитые экспедиции А. Е. Ферсмана. С той же задачей начал исследования и Д. С. Белянкин. Совместно с Б. М. Кушлетским он совершает экскурсию на северное побережье и прилегающие к нему острова Кандалакшской губы Белого моря [67] для изучения горных пород и полезных ископаемых этого района. В 1922 г. Д. С. Белянкин,

В. И. Влодавец и А. Г. Шимпф предприняли специальное обследование Турьего мыса [68]. В 1924 г. изучение его щелочной формации продолжали Д. С. Белянкин, В. И. Влодавец и Б. В. Залесский. В 1925 г. дополнительные наблюдения и сборы материалов на Турьем полуострове вел В. И. Влодавец. Работы эти оказались очень интересными. Сейчас известно, что Д. С. Белянкин и его ученики изучали только самый край крупного щелочного массива.

Во второй половине 1919 г. Д. С. Белянкин совершает поездку на Каменный остров Кубенского озера бывшей Вологодской губернии по командировке Отдела каменных строительных материалов КЕПС при Российской Академии наук [66]. На этом острове находится древний Спасо-Каменный монастырь. Здесь Дмитрий Степанович опять-таки изучал поведение камня в конструкциях.

В 1920—1921 гг. на восточном побережье Онежского озера Д. С. Белянкин исследует граниты, являющиеся прекрасным строительным материалом, их регенерацию под влиянием диабазовых интрузий, гибридные кварцевые диориты и пр. [69]. Все эти работы велись в связи с практическими нуждами народного хозяйства.

Еще в апреле 1915 г. на заседании физико-математического отделения Академии наук В. И. Вернадский выступил с докладом об изучении производительных сил России [511]. «Мы сейчас находимся в таком положении, — говорил он, — что по отношению к целому ряду естественных продуктов мы не знаем, есть ли они у нас или нет, а если есть, то в каком количестве, так как мы привыкли получать их извне и отвыкли искать их у себя». Для примера напомним, что дореволюционная Россия пользовалась импортными сырьевыми материалами: каолин для керамической промышленности она получала из Германии и Англии, полевой шпат — из Швеции, а строительные камни — из Швеции и Финляндии.

В 1920 г. Совет Петроградского политехнического института избирает старшего лаборанта Д. С. Белянкина профессором на вновь образованную кафедру минералогии, которую он возглавляет до его переезда в Москву в 1935 г. В том же 1920 г. в этом институте на химическом факультете открывается геохимическое отделение; первый выпуск 26 инженеров-геохимиков состоялся в 1926 г., причем каждый из них имел двухлетнюю и более геологическую практику. В числе преподавателей на геохимическом отделении были академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, профессора

Д. С. Белянкин, Б. Н. Меншуткин, В. А. Кистяковский, Д. В. Наливкин и др. Их ученики — геологи-геохимики, представляющие ныне уже старшее поколение, — стали позже специалистами в разных отраслях геологической науки: Б. П. Беликов, В. И. Влодавец, О. А. Воробьева, Ю. С. Желубовский, В. П. Иванова, С. И. Набоко, А. В. Пек, А. А. Сауков, Г. А. Соколов, К. М. Феодотьев, Н. А. Хитаров, В. В. Щербина и др.

Разнообразие направлений (геохимия, вулканология, минералогия, учение о рудных месторождениях, об искусственных камнях, термические исследования и др.) обуславливалось чутким подходом руководителей геохимического отделения — Ф. Ю. Левинсон-Лессинга и Д. С. Белянкина — к интересам студентов. Это выражалось в свободе выбора направления, без навязывания своих взглядов, в предоставлении права иметь свое суждение по каждому научному вопросу, а также в неизменной повседневной помощи и консультациях по всем геологическим проблемам [498].

До 1918 г. деятельность Дмитрия Степановича ограничивалась стенами Политехнического института, затем начались его совместительские работы в Педагогическом институте и в ряде академических учреждений. 1 августа 1924 г. он был назначен на должность научного сотрудника 1-го разряда (КЕПС). Эту дату и следует считать началом его штатной работы в составе Академии наук. В декабре 1925 г. он становится старшим геологом Геологического музея Академии наук СССР [479].

Благодаря своей изумительной работоспособности и строгой организации времени он успевал читать лекции, вести научную работу, писать статьи, участвовать в экспедициях и экскурсиях, выполнять многие другие обязанности ученого. Его участие в экспедициях продолжалось до 1947 г., когда ему шел уже 71 год.

Елена Дмитриевна Белянкина в своих воспоминаниях об отце пишет, что «огромная трудоспособность, умение распределить время и точно соблюдать составленный распорядок давали ему возможность не замыкаться в рамках науки, а много читать, бывать на заседаниях кружков, посещать театры и т. д.» Елена Дмитриевна пошла по стопам отца и стала геологом. Неоднократно они вместе выезжали в экспедиции.

Семья Белянкиных была гостеприимной. Они жили в квартире при Политехническом институте, и рабочий кабинет Дмитрия Степановича не отличался от служебного. Он

много консультировал, обсуждал работы совместно с сотрудниками и студентами. Общительность и обаятельность, доброе отношение к людям привлекали к нему окружающих. У него всегда было много друзей, так как с ним легко было работать: Дмитрий Степанович никогда не становился в позу строгого учителя и педантичного наставника, никогда не читал нравоучений; Д. С. Белянкин был всегда отзывчивым старшим и широко эрудированным товарищем, беседа с которым приносила радость и давала стимулы к дальнейшему сотрудничеству.

Первые шаги технической петрографии

В 20-х годах Д. С. Белянкин начинает проявлять особый интерес к «техническим камням» — стеклу, керамике, шамоту, динасу, шлакам, ко всевозможным новообразованиям в стекловаренных, металлургических и керамических печах [585]. Он рассматривал технологический процесс получения технического камня или его нарушение как своеобразный петрографический эксперимент, позволяющий изучать явления, близкие к природным, которые невозможно воспроизвести в лаборатории [478]. С 1926 г. Д. С. Белянкин читает лекции [298] по технической петрографии студентам разных специальностей в Ленинградском политехническом институте и студентам-технологам силикатного факультета Ленинградского технологического института. Зарождались основы новой дисциплины — технической петрографии. Ее развитие в значительной степени начнется немного позже, в 30-х годах, после основания Петрографического института АН СССР (в Ленинграде) и организации кафедры силикатов в Ленинградском технологическом институте им. Ленсовета, а также после проведения большой серии исследований технических камней разного происхождения.

Несколько забегаая вперед, отметим, что новаторская роль Белянкина как ученого и проявилась прежде всего в создании им в СССР новой отрасли петрографической науки — петрографии технического камня, или технической петрографии. Через двадцать с лишним лет он назовет ее камневедением в параллель с металловедением — наукой о металлах [437].

Первой работой из этой серии была статья Д. С. Белянкина под названием «К полиморфизму кремневой кислоты», представляющая собой первоначальный текст его доклада в петрографической секции Геологического комите-

та 16 января 1920 г. В 1922—1923 гг. Дмитрий Степанович внесет некоторые дополнения к этому тексту, который и опубликует в 1924 г. [71].

В 1921 г. Белянкин написал в журнале «Главсиликат» [60] статью «К микроскопии алунда» на основании минералогического исследования образцов весьма твердой массы, полученной профессором М. С. Максименко путем сплавления в электропечи тихвинского боксита с целью получения шлифовальных кругов [572]. Систематические исследования по изучению всевозможных высокотемпературных новообразований в печах были начаты в 1927 г.

Геологический музей АН СССР, где Дмитрий Степанович состоял старшим геологом, 15 марта 1930 г. организовал отчетную выставку по работам музея за 1928—1929 гг., которая сопровождалась докладами. Директор его академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг разослал приглашения посетить ее. В день открытия на этой выставке выступил Д. С. Белянкин с докладом «Техника и петрография», который был своего рода популяризацией нового направления в петрографии — науки о техническом камне.

Для дальнейшего развития технической петрографии большое значение имело утверждение в 1930 г. нового Устава Академии наук СССР, закреплявшего тесный союз науки с социалистическим строительством. По новому Уставу в составе отделений Академии наук СССР предусматривалось создание специальных групп, в которых объединялись ученые, работающие над одинаковыми проблемами. Каждая группа должна была вести большую научно-организационную работу, в частности планировать исследования, распределять научные кадры, контролировать деятельность различных подразделений Академии наук [551].

Следующим шагом в развитии петрографической науки было создание Петрографического института в составе АН СССР. В 1930 г. при реорганизации Геологического музея АН СССР в качестве самостоятельных организаций были выделены Петрографический, Палеозоологический и Геологический институты (Петрин, ПИН и ГИН).

В задачи Петрина входило изучение петрографических провинций и формаций СССР, естественных каменных строительных материалов и искусственных камней, экспериментальная петрография, а также вопросы систематики и номенклатуры горных пород. Директором Петрографического института был назначен академик Ф. Ю. Левинсон-



Петрографический институт АН СССР в Ленинграде (1932 г.)

Лессинг, а его заместителем — старший петрограф профессор Д. С. Белянкин [469].

В 1932 г. Д. С. Белянкин, помимо исполнения обязанностей заместителя директора Петрина, руководил там же отделом прикладной петрографии, изучавшим искусственные камни (заводские продукты) [469]. При составлении планов он указывал следующие направления исследовательских работ: 1) теоретическое (генезис, номенклатура горных пород); 2) региональное; 3) прикладное; 4) экспериментальное (плавление горных пород); 5) техническое (шлаки, стекло, огнеупоры) [470].

В 1930 г. свою деятельность из Политехнического института Дмитрий Степанович перенес главным образом во вновь созданный Петрографический институт, а позднее — в Институт геологических наук АН СССР. Педагогическая работа, которую он любил, отошла на второй план.

В 1930—1935 гг. Белянкин заведует кафедрой Металлургического института, образованного на основе реорганизации Политехнического института, одновременно он возглавляет кафедру петрографии в Ленинградском химико-технологическом институте.

1 февраля 1933 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР.

На заседании Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Всесоюзного комитета по высшему техническому образованию 23 мая 1934 г. обсуждался вопрос об утверждении Д. С. Белянкина в ученой степени доктора без защиты диссертации. ВАК постановил утвердить Д. С. Белянкина в ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

На заседании Геологической группы АН СССР 26 марта 1932 г. Д. С. Белянкин сделал небольшой доклад, опубликованный в журнале «Природа» и посвященный петрографии технического камня [143]. Здесь впервые прозвучал этот термин, получивший общее признание и принятый ныне повсеместно в литературе. Много позже, в статье «Техническая петрография» [299], помещенной в сборнике, посвященном успехам геолого-географических наук в СССР за 25 лет, Дмитрий Степанович писал, что под этим названием подразумевается специальная ветвь общей петрографии как учение об искусственных технических породах параллельно главнейшим группировкам естественных — магматических, осадочных и метаморфических горных пород.

Из числа различных откликов на статью в «Природе» [143] хотелось бы упомянуть об отрывке из письма профессора С. Д. Четверикова к Д. С. Белянкину от 7 декабря 1932 г. Сергей Дмитриевич писал: «...пользуюсь случаем приветствовать Вашу статью в «Природе» о технической петрографии. Исследования технических продуктов, очевидно, возникают стихийно в разных местах. Изучение искусственных продуктов чрезвычайно интересно и теоретически, и практически, и следовало бы, пожалуй, побольше его рекламировать и как-то объединить те ячейки, которые создались у нас в Союзе путем более тесного обмена опытом и результатами работ». Эти пожелания С. Д. Четверикова были не только его личным, частным мнением — они отражали настоятельные требования момента. Уже в 1934 г. Ф. Ю. Левинсон-Лессингом и Д. С. Белянкиным было положено начало совещаниям по экспериментальной и технической минералогии и петрографии. При жизни Дмитрия Степановича состоялись четыре совещания — в 1934, 1936, 1939 и 1952 гг. Так, на I совещании 26—28 апреля 1934 г. было заслушано 12 докладов, на IV — уже 49. Отметим попутно, что в октябре 1978 г. в Киеве происходило X совещание, на котором было заявлено свыше 300 докладов. Рост числа докладов на совещаниях является весьма показательным; это свидетельствует о зна-

чительном увеличении числа специалистов, занимающихся технической петрографией, и о большом интересе к ней в промышленности.

Экспедиционные работы на Кавказе

В середине 20-х годов были начаты комплексные исследования Закавказья. По поручению Президиума Академии наук эти работы возглавил академик Ю. Ф. Левинсон-Лессинг.

В 1930 г. Д. С. Белянкин руководил отрядом Грузинской экспедиции, изучавшей геологию Аджарии. В те годы предполагалось создать на юге Грузии крупный камнелитейный цех, а лучшим сырьем для этого завода, по имевшимся тогда данным, были горные породы Аджарии. Но скоро выяснилось, что особого смысла организовывать производство плавленного базальта здесь нет, однако результаты исследований, проведенных под руководством Д. С. Белянкина, имели большое значение.

Была составлена первая геологическая карта всей Аджарии и отчасти Гурии (историческая область Грузии, примыкающая к Аджарии непосредственно с севера), выявлено довольно большое число интереснейших горных пород, в первую очередь молодых гранитов, очень похожих на подобные породы Центрального Кавказа, и показано, что сульфидные (главным образом свинцово-цинковые) руды образовались на контакте этих гранитов и вмещающих базальтовых пород. Было также установлено, что на территории Грузии выходят относительно древние эоценовые (т. е. образовавшиеся около 40—50 млн. лет назад) вулканические породы, а в ее восточных областях и далее к востоку от ее границ, в районе перевалов в Ахалцихскую котловину, имеются совершенно молодые вулканы. Они настолько молоды, что сохранили свои характерные формы: образуют типичные конусовидные горы, кое-где виден кратер, а на их склонах можно найти характерные вулканические бомбы. Возраст этих вулканов вряд ли превышает несколько тысячелетий и уж во всяком случае не более двух-трех десятков тысячелетий.

Исследования показали, что рельеф горной Аджарии очень молодой; главные подъемы гор на высоту более 2000 м происходили, видимо, уже после образования вулканов и их главных пзвержений, а это объясняет многие особенности географии Аджарии, которые необходимо было учитывать в развитии ее народного хозяйства.

С 1933 г. Д. С. Белянкин возглавил геологические исследования Абхазии и Сванетии. Как и ранее, к ним привлекались местные специалисты. Кроме того, он работал на Северном Кавказе, где посетил многие места, изучение которых было им начато еще до революции.

Геологические работы в Абхазии и Сванетии были крайне продуктивны и интересны. Относительно молодые гранитные породы встречены были и здесь, но возраст их гораздо древнее, чем на Казбеке и в Аджарии. Абхазские интрузии — гранитные массивы — образовались около 120—150 млн. лет назад. Оказалось, что и в Абхазии, и в Сванетии есть продукты вулканических извержений, но эти извержения происходили много раньше, чем в Аджарии, — в ранние эпохи юрского периода, т. е. 150—160 млн. лет назад. В отчете по этим работам Д. С. Белянкин писал, что он считает весьма важным теснейшую возрастную связь вулканических извержений и гранитных интрузивов. В Абхазии и Сванетии, где вулканизм юрский, юрскими же, но несколько моложе, являются и граниты. В Аджарии, где вулканизм третичный (40—50 млн. лет), гранитные интрузивы более молодые, но тоже третичные, а в массиве Казбека молодые, почти современные вулканы сопровождаются внедрением еще более молодых, почти современных гранитов.

Только позднее, после смерти Д. С. Белянкина, стало известно, что в этих небольших наблюдениях выявлен один из важных законов природы. В 60-х годах петрограф Е. К. Устиев на основе больших сопоставлений показал, что временная связь между вулканическими продуктами и гранитными телами имеется практически везде, где можно уверенно выделить продукты вулканизма. Позднее вулканолог Г. П. Горшков, изучив условия прохождения сейсмических волн в области существующих сейчас действующих вулканов, установил, что под каждым из таких вулканов существует очаг магмы — расплавленных горных пород, отличающихся от лавы вулканов только наличием в их составе большего количества воды и других летучих веществ. Сейсмические волны везде проходили через такой очаг не как по твердому телу, а как по жидкости. Наблюдения Г. П. Горшкова сначала отрицались многими специалистами, но контрольные опыты показали, что он прав, и теперь изучение магматического очага является одним из обязательных методов исследований вулкана.

Наличие магматического очага под вулканами позволяет объяснить закономерность, выявленную Д. С. Белян-

киным и подтвержденную впоследствии Е. К. Устиевым. В длительные периоды покоя вулкана в его недрах, в магматическом очаге идет медленная кристаллизация гранитного вещества, а в те периоды, когда появляются трещины, по которым магма—лава может подняться к дневной поверхности, начинается вулканическое извержение, дающее лавы, шлак, пепел и другие вулканические породы. Конечно, это лишь грубая схема процесса; она осложняется разделением расплава в магматическом очаге или отделением кристаллов от расплава, но общее направление процесса именно такое. Иначе говоря, во время экспедиционных работ 30-х годов Д. С. Белянкину удалось наметить общие контуры процесса, который в дальнейшем получил развитие и полное понимание.

Работа в Академии наук СССР 1935—1953 гг.

В 1934 г. было принято решение о переводе Академии наук СССР из Ленинграда в Москву. По этому решению Петрографический институт почти со всем штатом сотрудников тоже переводился в Москву. К сожалению, директор института академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг по состоянию здоровья переехать не смог; в дальнейшем его роль как директора ограничивалась краткими приездами в институт и общими указаниями о направлении работы. Всю же работу Петрина на новом месте фактически возглавил Д. С. Белянкин, переехавший в Москву с семьей уже в августе 1935 г.

Переезд сильно отразился на деятельности Дмитрия Степановича. С этого времени основным местом его работы становится Петрографический институт Академии наук СССР. От кафедры в Металлургическом (бывшем Политехническом) институте, где прошла вся предыдущая жизнь Д. С. Белянкина, ему пришлось полностью отказаться. Вместе с тем Дмитрий Степанович оставил за собой руководство кафедрой петрографии в Ленинградском химико-технологическом институте, которую он создал незадолго до перевода, где читался разработанный им курс технической петрографии. На этой кафедре Белянкину помогал его ученик Н. А. Торопов. Периодические приезды в Ленинград и чтение наиболее важных лекций Д. С. Белянкин продолжал до тех пор, пока не смог полностью передать

эту кафедру Н. А. Торопову, впоследствии крупному специалисту, члену-корреспонденту АН СССР.

С переездом в Москву не прервалась и педагогическая деятельность Д. С. Белянкина в области общей петрографии и минералогии. В предвоенные годы он возглавил кафедру минералогии и петрографии во Всесоюзном заочном индустриальном институте.

В Петрографическом институте, кроме административной деятельности, Д. С. Белянкин возглавил Ученый совет, а также продолжил интенсивные исследования на Кавказе и отчасти на Урале. Он руководил работами многих своих учеников и развернул широкую деятельность по консультациям как в области петрографии, так и в особенности технической петрографии.

Начатые в Ленинграде исследования в области петрографии технического камня после переезда Д. С. Белянкина в Москву получили дальнейшее развитие и привлекли новых сотрудников. Эти исследования охватили искусственные каменные породы из разных отраслей промышленности — стекольной, фарфоровой, огнеупорной, металлургической, абразивной, цементной.

Выступая в начале 1939 г. на Третьем совещании по экспериментальной минералогии и петрографии с докладом о петрографии «на фронте силикатного и металлургического производства» [265], Дмитрий Степанович рассматривал ее одним из факторов развития промышленности. Изучая всевозможные изделия из камня, создаваемые на производстве, «петрография должна оказывать существенные услуги промышленности», — говорил он на совещании, где, кроме научных сотрудников, присутствовали и представители разных отраслей производства. Большое значение в успехах этой отрасли петрографии, конечно, играли глубокая эрудиция Белянкина и его необычайное мастерство микроскописта.

В середине 30-х годов был издан перевод с немецкого книги В. Эйтеля «Физическая химия силикатов», которая явилась большим фундаментальным вкладом в литературу о силикатах на русском языке. Перевод выполнили И. В. Беккер, В. Г. Воано и А. А. Александровский, а общее руководство работой и редактирование книги принадлежало Д. С. Белянкину [218], который написал к ней предисловие и дополнение [219]. Немецкий оригинал был издан в феврале 1929 г., а русский перевод — в марте 1936 г. Д. С. Белянкин писал в «Предисловии к русскому переводу», что «капитальное произведение Эйтеля, являю-

щегося одним из наиболее крупных современных специалистов в области физико-химического исследования силикатов, не нуждается, конечно, в какой-либо специальной рекомендации».

Через год Д. С. Белянкин редактирует перевод книги Е. Ларсена и Г. Бермана «Определение прозрачных минералов под микроскопом», выполненный Б. В. Ивановым и В. П. Петровым, и также пишет предисловие к книге [235, 236].

В 1938 г. выходит в свет книга «Материалы по изучению динаса и его сырьевой базы в СССР» [237], написанная им совместно с Б. В. Ивановым.

В начале 1939 г. предстояло Общее собрание АН СССР, на котором должны были состояться выборы новых академиков и членов-корреспондентов. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, знавший Д. С. Белянкина со времени пребывания его в Юрьевском университете и проработавший с ним более 35 лет, был одним из тех, кто выдвинул члена-корреспондента Белянкина в академики. Он написал его обстоятельную характеристику как ученого и педагога.

Выборы происходили 28 и 29 января 1939 г. в Москве. На одно и то же место претендовали Д. С. Белянкин и А. Н. Заварицкий. После первого тура голоса разделились так, что ни один из претендентов не набрал их необходимого количества. Дмитрий Степанович, не дожидаясь следующего голосования, которое многое могло бы изменить, добровольно снял свою кандидатуру в пользу второго претендента. «Помню, что на нас, начинающих, — пишет ныне доктор геолого-минералогических наук М. А. Фаворская, тогда аспирантка Белянкина, — это проявление бескомпромиссной принципиальности произвело огромное впечатление»¹. Как известно, Дмитрий Степанович был избран в академики в 1943 г.

27 декабря 1939 г. в Минске в Белорусском политехническом институте кандидатскую диссертацию на тему о синтезе и свойствах технических камней—стекло (Li_2O — BeO — V_2O_5), прозрачных для рентгеновских лучей, защищал Л. Я. Мазелев, и Д. С. Белянкин с 26 по 29 декабря находился в столице Белоруссии, где участвовал в защите первой кандидатской диссертации по силикатам.

В те годы Белянкин возглавлял исследования по так называемым неоинтрузиям Большого Кавказа в составе Кавказской экспедиции СОПСа. Его непосредственные со-

¹ Архив автора.

трудяжки выезжали на полевые работы в труднодоступные высокогорные районы.

Его подвижность и работоспособность поразительны. С 10 августа по 10 сентября 1940 г. он вновь на полевых работах на Кавказе, в Сочи, Тбилиси, Нальчике.

В 1940 г. М. А. Фаворская во время ее второго полевого сезона работала на склонах Главного Кавказского хребта у внутреннего перевала Бак. Дмитрий Степанович приехал сюда в конце сезона и, несмотря на то, что ему было тогда уже 64 года, вместе с В. П. Петровым поднялся пешком от шоссе в лагерь геологов, расположенный на высоте свыше 3000 м.

«Одним из замечательных качеств Дмитрия Степановича, — пишет в своих воспоминаниях Фаворская¹, — была дружеская простота в обращении со всеми окружающими независимо от их общественного положения. Помню, как, приходя в институт, он каждый раз уважительно здоровался за руку с дежурными вахтерами. Эта обаятельная простота особенно была заметна в полевых, экспедиционных условиях».

Спустя много лет, возвращаясь мыслью к тому времени, Фаворская считает, что, несмотря на свои крупнейшие заслуги в области техники, Белянкин был в душе настоящим полевым геологом; он и в пожилом возрасте сохранил привычку к спартанским условиям походной жизни. А Кавказ в течение долгих лет был одной из его главных привязанностей. Работы, проведенные им и его ближайшими сотрудниками по изучению изверженных пород Кавказа, послужили толчком к дальнейшим многочисленным исследованиям и не потеряли своего значения до настоящего времени.

Д. С. Белянкин в годы Великой Отечественной войны

Верный патриотическому долгу Дмитрий Степанович в начале Великой Отечественной войны записался в Московское ополчение. По возрасту (65 лет) его на фронт не взяли, и он с обычной преданностью делу всю свою энергию и эрудицию направил на научную работу, на изыскание и изучение всевозможных оборонных сырьевых материалов.

¹ Архив автора.

В июле 1941 г. Д. С. Белянкин с семьей эвакуировался в Казань, а в августе переехал в Свердловск. Здесь он включился в деятельность Уральской комплексной экспедиции [570], которая вела очень большую работу по выявлению природного сырья для нужд заводов, переехавших на Урал.

Перед советскими учеными встала задача принять участие в быстрейшем восстановлении производств в восточных районах страны, в поисках новых источников сырья, в их исследовании, в разработке новых видов продукции. Особенно тяжелое положение создавалось с крупнотоннажным сырьем, таким, как огнеупорные, керамические и строительные глины, полевой шпат, песок, каолин, так как вся сырьевая база этих материалов или была временно оккупирована, или попала в область тяжелых боев. Собственная уральская сырьевая база была не подготовлена к поставке того огромного количества сырья, которое требовало и строительство новых заводов, и военное производство.

По приезду в Свердловск Д. С. Белянкин немедленно включился в большую геологическую работу. Он приступил к организации полевого изучения глин, а также других видов огнеупорного керамического сырья на всей территории Урала и к объединению усилий всех уральских лабораторий, способных испытывать и изучать новое сырье. Кроме того, Белянкин вел проверку всех заявок, поступавших от геологов и отдельных граждан.

До окончания полевого сезона многие месторождения глин уже были обследованы как самим Дмитрием Степановичем, так и его учениками и часть из них была предложена к освоению. Например, его группой было весьма высоко оценено Кыштымское месторождение каолина, ранее совершенно неизвестное. Указание на существование этого месторождения было получено от жителей Кыштыма в конце 1941 г. В 1942—1943 гг. на Кыштымском месторождении была начата добыча сырья. Каолин оказался довольно хорошим, и сейчас в Кыштыме существует крупный комбинат, поставляющий сырье не только для уральских керамических заводов, но и для заводов европейской части СССР.

Уже в 1941 г. были найдены и месторождения полево-шпатового сырья, которое, к сожалению, оказалось невысоким по качеству, и после войны это месторождение было

оставлено. Но в то время оно сыграло большую роль. Трудности здесь заключались в том, что знаменитые уральские пегматиты, пользующиеся мировой известностью как источник драгоценного камня, в отличие от карельских пегматитов, поставивших в мирное время полевой шпат, не содержат таких крупных выделений полевого шпата, которые позволили бы выбирать его вручную. Пришлось искать новые типы сырья; в результате проведенных работ были выявлены гранитные (вернее, аплит-пегматитовые) жилы, почти свободные от темных минералов, которые могли быть использованы в керамическом производстве.

Были обследованы и изучены непосредственно в поле многие месторождения Северного, Среднего и Южного Урала, и в 1942—1943 г. Д. С. Белянкин уже вполне обоснованно мог давать рекомендации о получении того или иного вида сырья на Урале. Работы военных лет дали большие теоретические результаты, которые были опубликованы впоследствии.

31 января 1942 г. состоялось заседание Президиума АН СССР, на котором академик И. П. Бардин сделал доклад о работе Комиссии по мобилизации ресурсов Урала на нужды обороны. Президиум выразил благодарность за напряженную успешную работу по осуществлению поставленных перед Комиссией задач ряду ученых, в том числе и члену-корреспонденту АН СССР Д. С. Белянкину.

Бюро Отделения геолого-географических наук (ОГГН) 16 марта 1942 г. рассматривало программу докладов на предстоящем совещании по нерудным ископаемым (докладчик Д. С. Белянкин) и на совещании по меди. Первое заседание Ученого совета Института геологических наук (ИГН) на Урале состоялось 20 апреля 1942 г. Председательствовал директор ИГН А. Е. Ферсман; он сделал доклад о плане работ института на 1942 г., посвященный почти исключительно полезным ископаемым. В заседании принимали участие В. А. Обручев, Д. С. Белянкин и др.

18 мая Белянкин уехал в Миасс, где под его и А. Е. Ферсмана руководством было проведено совещание по изучению неметаллических ископаемых Урала и их использованию в военной промышленности.

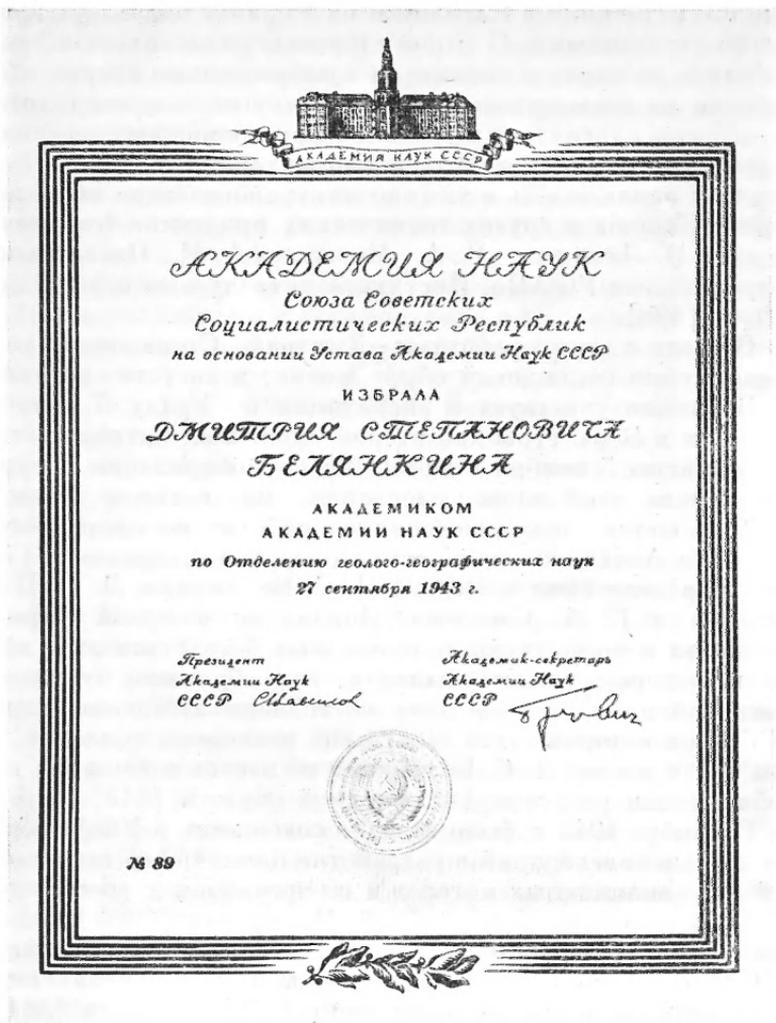
Говоря о деятельности Д. С. Белянкина на Урале во время войны, следует отметить два главных направления, на которых он сосредоточил свое особое внимание. Первое посвящено поискам и геолого-минералогическому изучению сырья для стекольной, фарфоровой и огнеупорной промышленности (совместно с В. П. Петровым), поскольку глав-

ные его источники в Карелии и на Украине оказались временно отрезанными. С одной стороны, разыскивались, носились на карту и оценивались заброшенные старые выработки на пегматитовых жилах, с другой — проводились испытания аляскитовых гранитов как возможных заменителей полевых шпатов. Второе направление работ Д. С. Белянкина заключалось в химико-минералогических исследованиях шлаков и других технических продуктов (совместно с В. В. Лапиным, В. А. Молевой, А. И. Цветковым, сотрудниками УФАНа, Института металлургии и ряда заводов) [498].

В связи с этими работами Дмитрий Степанович вел чрезвычайно подвижный образ жизни: в августе—сентябре Белянкин участвует в экспедиции по Уралу, 7 октября — он в Верхотурье, во второй половине октября — в Актюбинске. 5 ноября в Комиссии по мобилизации ресурсов Урала состоялось заседание, на котором геолог Г. А. Соколов сделал сообщение о работах по природным ресурсам Актюбинской области, которую по заданию ОГГН посетила делегация в составе Д. С. Белянкина, Д. В. Наливкина и Г. А. Соколова. Докладчик в яркой форме рассказал о чрезвычайных природных богатствах этой области, которые удалось выявить, и о большом будущем этого района. В тот же день состоялось заседание бюро ОГГН, на котором было заслушано несколько докладов, в том числе доклад Д. С. Белянкина об итогах совещания по мобилизации ресурсов Актюбинской области [645].

В ноябре 1942 г. было созвано совещание в УФАНе по распределению заданий в разработке наилучшего типа свечей для авиационных моторов и по организации всестороннего исследования этих свечей. По предложению академика В. С. Кулебакина к участию в них был приглашен и Д. С. Белянкин. Результаты работы в этом направлении были опубликованы им совместно с В. В. Лапиным [311] в 1944 г.

На сессии АН СССР, посвященной 25-летию Октябрьской революции, было заслушано несколько докладов и среди них доклад академика В. А. Обручева о геологической науке в СССР за 25 лет [583]. Говоря о различных отраслях этой науки, он остановился, в частности, на петрографии, которой в дореволюционное время занимались немногие ученые. В. А. Обручев рассказал об успешном развитии петрографии в СССР в связи с размахом геологических исследований, об интересных работах, выполненных по экспериментальной петрографии, о петрографии



Диплом об избрании Д. С. Белянкина академиком АН СССР

осадочных пород, имеющей большое значение для познания месторождений нефти и угля, а также об успехах технической петрографии, изучающей искусственные камни: шлаки металлургических процессов, материал печей, подвергающийся высокой температуре и воздействию расплавленного металла, сплавы горных пород, стекло, фарфор, цементы, кирпич. До революции ими никто не занимался, хотя изучение их имеет большое значение для металлур-

гии, керамики, стекловарения и других производств, а также для выяснения теоретических вопросов, связанных с образованием горных пород. В. А. Обручев отметил также, что изучением этих искусственных камней с применением экспериментальных методов занята теперь целая группа петрографов и результаты их работ получили уже применение в технике на разных заводах.

В сборнике к 25-летию геолого-географических наук в СССР Д. С. Белянкин опубликовал статью «Техническая петрография» [299], в которой вкратце охарактеризовал развитие этой отрасли петрографии за десять лет (1932—1942 гг.).

23 марта 1943 г. было опубликовано сообщение Академии наук СССР о выборах академиков и членов-корреспондентов, в котором говорилось, что по ОГГН объявлены три вакансии для действительных членов и одна — для члена-корреспондента. Д. С. Белянкин вернулся в Москву 6 августа 1943 г. 25 сентября на сессии ОГГН в Москве он выступил с докладом о некоторых важнейших вопросах современной петрографии [312], а на Общем собрании АН СССР 27 сентября 1943 г. Д. С. Белянкин был избран действительным членом (академиком) АН СССР. Журнал «Вестник АН СССР» (1943 г, № 11/12, с. 67) писал по поводу его избрания академиком: «В последние годы научный интерес Д. С. Белянкина сосредоточен на изучении технических продуктов методами петрографии. В Советском Союзе эта отрасль знания создана главным образом трудами Д. С. Белянкина и его сотрудников. Из полезных ископаемых предметом исследований Д. С. Белянкина являются так называемые нерудные ископаемые (керамическое сырье, глины и др.). В особенности широкое развитие получили эти работы на Урале во время Отечественной войны».

Туркмения

Интересы Д. С. Белянкина во время Великой Отечественной войны, когда он жил в Свердловске, не ограничивались лишь поисками сырьевых материалов на одном только Урале или изучением каменных искусственных пород уральских заводов. Остановимся вкратце на его участии в работах по петрографии и минералогии в Туркменском филиале АН СССР в Ашхабаде.

До войны шамотные и динасовые огнеупоры ввозились в Туркмению из других районов Советского Союза, поскольку такого производства здесь не было. Особенно остро

дефицит в шамотных огнеупорных изделиях начал ощущаться, когда фашисты временно оккупировали Северный Кавказ и стали угрожать Баку. Ашхабадская железная дорога превратилась в главную транспортную магистраль, по которой с Востока доставлялись горючее, боеприпасы и вооружение Кавказскому фронту. Форсированная работа топок в паровозах вызывала повышенный расход в них шамотного кирпича. Помимо Ашхабадской железной дороги, повышенный спрос на шамотные огнеупоры в связи с напряженной работой возник на ряде стекольных заводов, выпускавших термосы для фронта, а также на других заводах, изготовлявших локомотивные топки, различные обжигательные печи, котельные топки и т. д. Возникла острая, неотложная задача организовать их производство на месте, однако в перечне полезных ископаемых Туркмении к началу войны не значилось ни одного месторождения огнеупорных глин, пригодных для изготовления шамотного припаса [486].

В первой половине 1942 г. Туркменский филиал АН СССР начал поиски сырьевых материалов для изготовления шамотных изделий. Особое внимание было привлечено к месторождениям непластичных сланцевых глин, получивших название «джарданакских» (по названию кишлака Джарданак в горах Кугитангтау). Там же, недалеко от кишлака Вандоб, были обнаружены пластичные глины, получившие название «вандобских». Химико-технологические свойства этих глин были впервые изучены в 1942 г. под руководством автора в лаборатории Туркменского филиала АН СССР. Кроме лабораторных и заводских испытаний в Ашхабаде, Д. С. Белянкин и В. П. Петров, находившиеся тогда в Свердловске, изучали их минералогические особенности. Микроскопическое исследование жарданакской глины, проведенное ими, показало, что основную минеральную массу ее составляют мелкие параллельные сростки и агрегаты слюдоподобного минерала, угловатые зерна кварца и относительно редкие листочки каолинита [320]. Д. С. Белянкин и В. П. Петров отмечали, что полных аналогий она не имеет ни среди глинистых минералов СССР, ни за границей.

Вандобская глина принадлежит к группе пластичных глин и напоминает бускульскую и нижеувельскую [293] на Урале. Ее микроскопическое изучение, выполненное Д. С. Белянкиным и В. П. Петровым [320], показало, что по минеральному составу она немного напоминает жар-

данакскую. Однако здесь преобладает монотермит в виде листочков размером 0,02—0,05 мм по вытянутому направлению.

Сочетание джарданакской и вандобской глин позволило создать в Туркмении шамотные огнеупоры, получившие благоприятную оценку промышленных предприятий. Для Ашхабадской железной дороги в 1943 г. было изготовлено несколько десятков тысяч штук кирпичей, что обеспечило бесперебойную работу паровозов.

Отсутствие полевого шпата в Туркмении, необходимого для обычной фарфоровой массы, и наличие, напротив, беложгущейся джарданакской глины, бентонита и вандобской глины позволили в начале 1943 г. Физико-техническому институту Туркменского филиала АН СССР в Ашхабаде синтезировать «бесполевошпатовый фарфор», столь необходимый для изготовления бытовой посуды [482—484, 651].

В результате его микроскопического исследования, выполненного Д. С. Белянкиным и В. П. Петровым, было установлено, что он состоит из 93—94% муллитизированного стекла и 6—7% зерен кварца. К сожалению, Джарданакское месторождение глины оказалось небольшим, и разработка его в мирное время стала нерентабельной.

Неменьший интерес был проявлен Д. С. Белянкиным и к туркменским кварцитам для изготовления динаса. Совместно с В. П. Петровым Дмитрий Степанович исследовал их в 1944 г. в Геологическом институте в Москве. Речь идет о кварце с кряжа Султануиздаг из низовья Амударьи и кварцитах из Джарданака. Оба вида кварцевого сырья были испытаны в 1942—1944 гг. Оказалось, что динас из джарданакских кварцитов при испытаниях в паровозных топках превосходит шамотный кирпич [485].

Последнее десятилетие

По возвращении в Москву в августе 1943 г. Д. С. Белянкин стал заведовать петрографическим сектором и отделом экспериментальной и технической петрографии ИГН АН СССР и руководил там рядом проблем общего плана. С 1945 по 1947 г. Дмитрий Степанович — директор ИГН, с 1947 по 1953 г. — директор Минералогического музея АН СССР, с 1948 по 1952 г. — директор Кольской базы (Кольского филиала) Академии наук СССР.



Д. С. Белянкин с женой и дочерью в парке санатория «Узкое» (1945 г.)

Несмотря на сложные обязанности по руководству рядом крупнейших научных учреждений страны, Белянкин в общественном порядке ведет важные организационные работы, число которых временами доходило до 30—35. Он главный редактор «Известий АН СССР (серии геологической)», член редколлегии «Докладов АН СССР», член Главной редакции второго издания Большой Советской Энциклопедии, где при его участии было подготовлено 28 томов, член Библиотечного совета АН СССР и ученых советов многих промышленных институтов. Д. С. Белянкин участвовал в руководстве ряда экспертных комиссий [498], редактировал многие рукописи, рецензировал книги и статьи, нередко выступал оппонентом на защитах диссертаций. Помимо всего, он вел свою собственную научную работу. Всегда поражала его необычная аккуратность. Переписка Дмитрия Степановича была очень обширной, однако он никогда не задерживал ответа.

23 августа 1946 г. Д. С. Белянкину исполнилось 70 лет и 45 лет его научной деятельности. Президиум Академии наук СССР, который в то время возглавлял С. И. Вавилов, в адрес на имя Дмитрия Степановича кратко и выразительно охарактеризовал его плодотворную научную деятельность:

«Глубокоуважаемый и дорогой Дмитрий Степанович! Президиум Академии наук СССР сердечно приветствует Вас, одного из старейших русских петрографов, в день 70-летия со дня Вашего рождения и 45-летия научной деятельности и поздравляет с высокой Правительственной наградой.

Вы прошли почти полувековой путь неустанного творческого труда, обогатив петрографическую науку многочисленными оригинальными исследованиями. Крупным вкладом являются Ваши работы, посвященные важнейшим теоретическим вопросам петрографии: дифференциации магмы, ликвации силикатных растворов, роли воды в магме и явлению газового переноса кремнекислоты, химизму и оптике породообразующих минералов как основы систематики горных пород.

Первоклассные труды теоретического и методического характера даны Вами в области технической петрографии, основоположником которой по праву считаетесь Вы. Заложив основы петрографического исследования технических пород, Вы создали новую эпоху в развитии петрографии. Ваши обширные исследования в области изучения огнеупоров, плаков, цементов, стекла, керамики были достойным ответом на практические запросы промышленности к петрографической науке.

Велико значение и Ваших региональных исследований на Урале, Кавказе, Кольском полуострове, в Карелии и других петрографически сложных районах Союза.

Вы воспитали большую плеяду советских петрографов, посвятив много лет своей жизни педагогической работе в вузах нашей страны и руководству аспирантурой в Академии наук СССР. Ваши ученики успешно работают во всех уголках Советского Союза на пользу науки и народного хозяйства нашей Родины.

Отмечая широту и глубину Вашей научной деятельности, ее исключительную плодотворность, Президиум Академии наук желает Вам, дорогой Дмитрий Степанович, доброго здоровья и дальнейших успехов в деле развития нашей советской науки».

Среди многочисленных писем, хранящихся в личном архиве Д. С. Белянкина, есть письмо профессора Д. Н. Монастырского, который долгое время работал с Дмитрием Степановичем. Нельзя обойти это письмо молчанием, настолько оно ценно для характеристики юбиляра. Д. Н. Монастырский писал, обращаясь к Дмитрию Степановичу: «Каким близким кажется то время, когда на горизонте По-

Литехнического института появился скромный молодой человек, про которого на вопрос, чем он занимается, все неизменно отвечали: постоянно работает. Вот эта-то упорная, постоянная работа в связи с Вашей личной одаренностью привела к тому, что, приняв из рук Вашего незабвенного учителя Ф. Ю. Левинсон-Лессинга горящий факел науки, Вы не только не дали ему померкнуть, но заставили пылать еще ярче, создав после Левинсоновской школы свою собственную, Белянкинскую школу петрографов! Честь Вам и слава за это!».

Здесь уместно напомнить несколько характерных фраз из поздравительного приветствия к нему в связи с 70-летием в 1946 г. Института геологических наук АН СССР: «Мы знаем Вас как непримиримого врага легких и недостаточных обоснованных выводов, эффективных, но не продуманных до конца обобщений. Каждая Ваша работа является прочным долговечным вкладом в науку. Вы не боитесь черновой работы в науке и с одинаковой любовью и талантом глубоко изучаете и мелкие факты и крупные явления. И поэтому Ваши суждения всегда убедительны и авторитетны».

Послевоенные работы на Кавказе

Послевоенное строительство требует возобновления исследований Кавказа и Закавказья. Академия наук СССР создает нефтяную Кавказскую экспедицию, изучающую главным образом Азербайджан и восточную часть Кавказа и Закавказья, и комплексную Северо-Кавказскую экспедицию, геолого-петрографические работы в которых возглавляет Д. С. Белянкин. Теперь общие региональные исследования ведутся отрядами, которыми руководят ученики Белянкина или местные геологи. Сам Дмитрий Степанович координирует и консультирует эти работы, изучает особо трудные или неясные районы по всей территории.

Исследования на Северном Кавказе продолжают вестись в области молодых вулканических и интрузивных пород, и объектом изучения в первую очередь становятся поля туфовых пород в районе Нальчика. Область развития туфов здесь огромная; желтоватые, легко обрабатывающиеся мягкие туфовые породы, иногда слагающие крутые обрывы на склонах рек, протягиваются на многие десятки квадратных километров. Еще в начале нашего столетия эти породы были объектом дискуссии между двумя крупнейшими геологами, изучавшими Кавказ, — А. А. Дубянским

и В. П. Ренгартеном, которые в те годы не могли понять условия образования этих пород. Их вулканическая природа была несомненна, однако ни одного центра извержения, ни одного вулкана, из которого могли бы извергаться эти породы, на всей занятой ими территории не было.

Действительно, в начале века образование такого поля плотных туфов было непонятно. Но в 1912 г. на Аляске произошло мощное извержение вулкана Катмаи, изученное и описанное американским геологом К. Н. Феннером. Это извержение, как выяснилось позднее, не дало лавы, но из кратера вулкана в результате мощных взрывов появилась огромная горячая (палящая) туча, состоящая из раскаленных газов, насыщенных мельчайшими частицами вулканического пепла. Эта тяжелая туча медленно сползла со склонов вулкана, заполнила долину, расположенную рядом с вулканом, и стала оседать, сначала отдавая газы быстро, а потом — постепенно и медленно. Когда через несколько лет в 1916—1917 гг. долина, засыпанная пеплом, была посещена ботаником Р. Григгсом и К. Н. Феннером, она представляла собой сплошное дымящееся поле и была названа «Долиной десяти тысяч дымов». Каждый «дымок» — это выход горячих газов, отходящих от горячего туфа. Феннер несколько раз посещал эту долину; число «дымов» в ней резко уменьшалось, и еще через несколько лет в «Долине» не было ни одного «дыма». В 1962 г. «Долину» посетила группа вулканологов, которая тщательно изучила образовавшуюся здесь туфовую толщу. Оказалось, что туфовые частицы, слагающие толщу, теснейшим образом спеклись друг с другом, образовав единую, сильнопористую породу, которая была названа игнимбритом. Причина такого спекания сейчас ясна: воздух и другие газы в палящей туче были настолько разогреты, что, находясь в «туче» и спускаясь в ее составе по склону вулкана, частицы вулканического пепла, представляющие собой мелкие кусочки жидкой лавы, практически не охлаждались; осев на месте своего залегания, они были еще вязкими и могли «спечься» между собой.

Игнимбриды Нальчика изучались Д. С. Белянкиным и как интереснейшее геологическое образование, и как ценнейший строительный материал. Подобные игнимбриды изучались Д. С. Белянкиным и в районе армянского вулкана Арагац, где около Еревана, у Аштарака и особенно около г. Артика, существуют крупные карьеры игнимбридов. Сооружения из этого камня имеются во многих городах СССР. В Москве арктическим туфом облицован оригина-

пальный дом на улице Кирова (пыше ЦСУ СССР) и здание Института стали, выходящее фасадом на Крымский Вал.

Объектом исследования были также молодые граниты Кавказа и Закавказья. Особенно ценным для сравнения с другими близкими массивами было посещение Тырнауза — одного из месторождений молибдена и вольфрама. Это месторождение связано с контактными воздействиями молодой интрузии на вмещающие породы. Споры об условиях и причинах концентрации здесь рудных минералов продолжаются до сих пор, и, видимо, будут продолжаться еще долго. Участие Дмитрия Степановича в изучении этого массива позволило несколько уточнить ряд особенностей строения рудоносного массива.

Молодым интрузивным массивом, который посетил Д. С. Белянкин, был Тежсарский нефелин-сиенитовый интрузив, расположенный около с. Мисхана (ныне г. Анкаван). История обнаружения этого первого найденного на Кавказе молодого щелочного массива довольно любопытна. Еще в 1937 г. Д. С. Белянкин со своими помощниками направился в Мисхану для осмотра старинных месторождений. Экспедиция остановилась около устья р. Уляшик. В речке было много галек магматических пород, а рядом стояли довольно высокие каменные заборы, ограждавшие хлебные поля от реки и речных напосов. Д. С. Белянкин внимательно рассматривал большинство слагающих забор камней и гальку в речке, а потом совсем неожиданно сообщил: «... а ведь это нефелиновый сиенит». Подняться в горы и найти коренные выходы этих пород тогда не удалось, но образцы, привезенные в Ереван, произвели очень сильное впечатление. Вскоре была опубликована работа «Первый нефелиновый сиенит в Закавказье» [240]. Этот район хорошо знал и ранее картировал В. Н. Котляр; здесь же работал выдающийся армянский петрограф Г. П. Багдасарян. После выхода статьи Д. С. Белянкина они быстро обнаружили те места, откуда происходили найденные Д. С. Белянкиным валуны. Массив щелочных пород оказался очень интересным, и сейчас это один из прекрасно изученных щелочных массивов СССР.

К 1947 г. на Кавказе и в Закавказье было открыто еще несколько щелочных массивов. Один из них был открыт в Южной Армении около пос. Мегри А. И. Адамяном, учеником Дмитрия Степановича.

Кольский филиал АН СССР

Летом 1948 г. состоялась первая поездка Дмитрия Степановича на Кольскую базу АН СССР. В 1930 г. в Хибинских тундрах, на берегу живописного озера Малый Вудъявр А. Е. Ферсманом была создана Хибинская горная станция АН СССР под местным названием «Тиэтта». В 1934 г. ее переименовали в Кольскую базу АН СССР, а в 1949 г. она была преобразована в Кольский филиал АН СССР им. С. М. Кирова. Ко времени приезда на базу Д. С. Белянкина она представляла собой учреждение, достаточно оснащенное научным оборудованием и охватывающее комплекс различных научных знаний, включая вопросы общей геологии, минералогии, геохимии, биологии; там проводились аналитические и геофизические исследования, изучались почвы и растительность, разрабатывались экономические вопросы комплексного использования минерального сырья. Очередная поездка Дмитрия Степановича на Кольский полуостров состоялась с 12 по 23 июня 1949 г. Она была приурочена к сессии Ученого совета Кольского филиала АН СССР.

Однако в Кольском филиале нужен был специалист, который бы постоянно проживал на месте. И Белянкин пригласил на должность заместителя А. В. Сидоренко, в то время готовящегося к защите докторской диссертации. Временно эту обязанность выполнял Е. Козлов.

Интенсивная административная и научная работа, которую вел Дмитрий Степанович, не могла не сказаться на его здоровье, и в марте 1951 г. у него произошел инфаркт. Только в июле был отменен постельный режим, и ему разрешили выехать на дачу. К работе он смог вернуться лишь в октябре, когда ему позволили посещать институт.

Тем не менее болезнь и связанная с нею слабость не смогли оторвать Белянкина от научной работы. Еще лежа в постели, он подготавливал материалы для «Докладов АН СССР», редактировал статьи для БСЭ, а также написал доклад на сессию по языкознанию и очень содержательное «вступительное слово» к совещанию по проблеме гранитов, которое начиналось 19 июня в Москве. К сожалению, это «вступительное слово» зачитали другие, сам он выступить не мог.

В период пребывания на даче Дмитрий Степанович вел большую редакторскую работу; в это время под его редакцией издавался сборник «Полевые шпаты» [441, 442] и третий том Избранных трудов Ф. Ю. Левинсон-Лессинга

[439, 440]. Вел он и текущую работу по журналу «Известия-АН СССР. Серия геологическая», причем члены редколлегии приезжали к нему на дачу. Не отрывался Д. С. Белянкин и от собственных исследований; именно тогда им была написана статья об известково-хромовых шлаках, опубликованная в 1953 г. [446].

Однако после перенесенного инфаркта Дмитрию Степановичу стало непосильно одновременно выполнять обязанности председателя Президиума Кольского филиала АН СССР, возглавлять ОГГН в качестве академика-секретаря, члена Президиума АН СССР, а также вести научную работу, и в 1952 г. он подает заявление в Совет филиалов и баз АН СССР об освобождении его от руководства Кольской базой. Президиум АН СССР 20 июня 1952 г. [582] удовлетворяет просьбу Д. С. Белянкина, объявив ему благодарность за большую работу, выполненную им в качестве председателя Президиума Кольского филиала АН СССР.

* * *

23 августа 1951 г. Белянкину исполнилось 75 лет. Президент Академии наук СССР А. Н. Несмеянов и главный ученый секретарь Президиума академик А. В. Топчиев обратились к Дмитрию Степановичу с поздравлением:

«Глубокоуважаемый Дмитрий Степанович! Президиум Академии наук Союза ССР сердечно поздравляет Вас в день Вашего семидесятипятилетия и пятидесятилетия научной деятельности и приветствует в Вашем лице одного из крупнейших советских геологов.

Ваши выдающиеся труды в области петрографии изверженных пород давно получили признание широкой научной общественности, а Ваши многочисленные работы по изучению петрографии различных районов СССР (Кавказа, Урала, Карелии, Кольского полуострова и др.) являются образцом точности и строгости естественнонаучных исследований.

С присущей Вам принципиальностью и последовательностью Вы возглавляете химико-минералогическое направление в петрографии, столь плодотворно выраженное в Ваших личных работах и работах Ваших учеников как в области региональной и теоретической петрографии, так и в области созданной Вами технической петрографии.

В этой новой отрасли петрографии Вы сочетаете глубокие теоретические исследования с разрешением многообразных практических вопросов технологии производства

искусственных каменных материалов — керамики, стекла, цементного клинкера, шлаков и пр.

Ваши успехи в этой области далеко опередили все, что сделано в данном отношении за рубежом.

Созданные Вами учебные руководства сыграли важную роль в деле подготовки кадров геологов, технологов и научных работников.

Вы ведете большую научно-организационную работу как член Президиума Академии наук СССР, как академик-секретарь Отделения геолого-географических наук, а также как руководитель и деятельный член различных учреждений Академии.

Правительство высоко оценило Ваши заслуги перед Родиной, наградив Вас двумя орденами Ленина.

Президиум Академии наук СССР горячо желает Вам, дорогой Дмитрий Степанович, здоровья и сил для дальнейшей столь же плодотворной работы во славу нашей Родины и передовой советской науки».

Официальное чествование Д. С. Белянкина в связи с его 75-летием со дня рождения и 50-летием научной деятельности было перенесено на 4 декабря 1951 г. В нем принимали участие многочисленные гости из Москвы и Ленинграда, Минска и Баку, Ташкента и Харькова, Южно-Сахалинска, Свердловска и других городов страны.

Д. С. Белянкин — академик-секретарь Отделения геолого-географических наук АН СССР

На заседании Отделения геолого-географических наук АН СССР 3 июня 1949 г. Д. С. Белянкин был избран академиком-секретарем Отделения, а на общем собрании АН СССР 4 июня состоялось утверждение его в этой должности по представлению Президента АН СССР академика С. И. Вавилова.

К многочисленным обязанностям Дмитрия Степановича и его обширной научной деятельности добавилась еще одна, очень ответственная и важная должность — руководителя всего Отделения. Ее организующая роль заключалась прежде всего в укреплении и дальнейшем расширении взаимоотношений между центральными научно-исследовательскими учреждениями АН СССР, с одной стороны, и республиканскими академиями и филиалами АН СССР — с другой. Требования жизни выдвигали перед учреждениями АН СССР необходимость создания единого общего проблемного плана по главным вопросам научной деятельности

сти, а также целесообразной и разумной расстановки научных сил для его претворения в жизнь. Координация всех усилий для выполнения этого плана являлась одной из важнейших задач в работе ОГГН. Такая задача встала теперь перед Д. С. Белянкиным.

Летом 1951 г. предстояла сессия ОГГН, где Дмитрию Степановичу нужно было готовить доклад. Оказалось, однако, что эта сессия в последний момент была отменена, и Белянкин вместо доклада подготовил статью под заглавием «О положении в современной петрографии» [422]. Эту статью Дмитрий Степанович посвятил двум вопросам: во-первых, языку в петрографии, или, иными словами, петрографической терминологии и номенклатуре, во-вторых, общему состоянию петрографической науки, в особенности же ее магматического раздела.

Осенью 1951 г. состоялось первое совещание филиалов и баз АН СССР, цель которого заключалась в согласовании планов научно-исследовательских работ на 1952 г. «Приступая к первому совещанию, мы должны позаботиться о правильном распределении времени и о правильной расстановке сил. В соответствии с этим выработана нами, — говорил Дмитрий Степанович, — программа наших занятий. На первый день — 25 октября — было назначено открытие совещания и вводные доклады товарищей из ИГН и из филиалов» [587].

Позже подобные совещания проходили по координации планов научных исследований АН СССР с академиями наук союзных республик. В статье «Наши насущные задачи», написанной совместно с Г. Д. Афанасьевым [433], Дмитрий Степанович изложил их итоги.

С 17 по 24 ноября 1952 г. состоялось совещание по осадочным породам, подготовку к которому ОГГН начало еще в 1950 г. Фактически это совещание занималось не просто породами, а петрографией осадочных горных пород. Оно привлекло большое внимание геологической общественности. В его работе участвовали специалисты из 63 городов, было заслушано 20 докладов по различным вопросам науки об осадочных породах; 67 участников выступили в прениях.

С 1951 г. Дмитрий Степанович много трудился над тем, чтобы созвать петрографическое совещание; к подготовительной работе были привлечены петрографы ИГН АН СССР. Много сил и энергии потратил он на проведение заседаний оргкомитета, редактирование докладов, разработку программы. Его деятельность увенчалась успехом — с 3



**ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СОЮЗА
СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК**

в заседании своем от 24 ноября 1949 года присудил

АКАДЕМИКУ

Дмитрию Степановичу

БЕЛЯNKИНУ

ЗОЛОТУЮ МЕДАЛЬ имени А. П. КАРПИНСКОГО

**ЗА ВЫДАЮЩИЕСЯ РАБОТЫ
В ОБЛАСТИ ПЕТРОГРАФИИ**

ПРЕЗИДЕНТ АКАДЕМИИ НАУК СССР

ГЛАВНЫЙ УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
ПРЕЗИДИУМА АКАДЕМИИ НАУК СССР

№ 100

и 2-й "декабря 1950 г.



г. МОСКВА

Диплом о награждении Д. С. Белянкина золотой медалью им. А. П. Карпинского за выдающиеся работы по технической петрографии

по 10 апреля 1953 г. в Москве проходило совещание по проблеме «Закономерности развития магматизма в связи с полезными ископаемыми», имевшей большое научное и практическое значение. Представители разных научно-исследовательских и производственных учреждений — академий наук союзных республик и филиалов АН СССР,

институтов АН СССР, научно-исследовательских институтов промышленности, высших учебных заведений геологической специальности и производственных организаций заинтересованных министерств и ведомств — из 31 города приняли активное участие в этом совещании [467].

К большому огорчению участников совещания, Дмитрию Степановичу не пришлось бывать на его заседаниях, так как ухудшилось состояние его здоровья. Он прислал записку, в которой обратился к собравшимся со словами: «Благо Родины и благо науки — наш девиз, под которым мы выступаем перед общественностью. Ведь от нас ждут и глубокой научной теории и одновременно самой действенной помощи производственной практике. Приложим все силы к тому, чтобы оправдать то великое доверие, которое оказывает нам наша родная партия и наша родная страна».

Незадолго до кончины, несмотря на тяжелое состояние, Дмитрий Степанович по-прежнему проявлял глубокий интерес к текущим вопросам геологической науки. Он нашел в себе силы ознакомиться и подписать к печати в «Докладах АН СССР» статью по пироксенам из шлаков Н. Курцевой, аспирантки В. В. Лапина, бывшего в то время заведующим отделом технической петрографии ИГЕМа.

20 июня 1953 г. в Москве от кровоизлияния в головной мозг Дмитрий Степанович скончался. Сотни телеграмм и писем были посланы семье покойного со всех концов страны от родных, друзей, учеников, сотрудников, учреждений и предприятий. Похороны состоялись на Новодевичьем кладбище.

Правительство СССР наградило его двумя орденами Ленина (1945 и 1946 гг.), орденом Трудового Красного Знамени (1951 г.), медалями «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.» (1946 г.) и «В память 800-летия Москвы» (1948 г.).

Президиум АН СССР наградил его в 1949 г. золотой медалью им. А. П. Карпинского.

Основные направления научной деятельности

Дмитрий Степанович Белянкин оставил большое научное наследство [604]. Перечень его печатных работ выходит далеко за пределы четырехсот названий. Более трети их опубликовано во время или после Великой Отечественной войны. Следует подчеркнуть, что научную значимость сохранили не только последние работы, но и более ранние публикации, относящиеся к 1914—1918 гг.; в них содержится богатый фактический материал и много ценных, пока не реализованных идей.

Особо должны быть отмечены книги, заслужившие мировое признание. В первую очередь — это учебники: справочник «Петрографические таблицы», который выдержал пять изданий (1912, 1915, 1927, 1931 и 1933 гг.), и очень популярная «Кристаллооптика», издававшаяся четыре раза и переведенная на грузинский, немецкий, польский и китайский языки.



Д. С. Белянкин (1952 г.)

Огромным событием явилась монография «Петрография технического камня», написанная совместно с Б. В. Ивановым и В. В. Лапиным. Она ознаменовала собой появление новой науки; вскоре эта книга была переведена на немецкий и польский языки. Она отражала все, что было сделано к этому времени в области технической петрографии, основоположником которой по праву признается Д. С. Белянкин.

Примерный подсчет числа его печатных трудов показывает, что на долю оригинальных исследований (теоретических работ, региональной и технической петрографии) приходится 80% всех названий; учебные пособия и справочники занимают 6%, рецензии — 4%, редактирование — около 6% и история науки — 4%. Эти цифры свидетельствуют о преобладающей роли оригинальных исследований во всей творческой деятельности Д. С. Белянкина [475].

Работы в области петрографии естественных горных пород

Дифференциация магмы

Фундаментальными вопросами петрографической науки Д. С. Белянкин стал интересоваться уже в начальную пору своей творческой деятельности. Так, в 1915 г. он публикует статью «О дифференциации магмы» в сборнике научных трудов, посвященных его учителю Ф. Ю. Левинсон-Лессингу [44, 45]. Позже он четырежды возвращается к проблеме магмы [351, 378, 443], причем три статьи относятся к 1947—1952 гг., а четвертая является, по-видимому, в какой-то мере итоговой; она была написана им в 1952 г. для Большой Советской Энциклопедии, но не вошла туда, так как篇幅 превысила отведенный для нее объем. Дмитрий Степанович предполагал ее расширить и опубликовать самостоятельно, но не успел. Впервые статья увидела свет лишь во втором томе «Избранных трудов академика Д. С. Белянкина», вышедшем посмертно в 1958 г. [465].

Дифференциация магмы издавна представляет собой одну из наиболее важных петрографических гипотез, которые привлекаются для объяснения разнообразия горных пород и главнейших закономерностей их распределения в пространстве. Д. С. Белянкин активно участвует во всех спорах о путях и возможностях процессов дифференциации в природе и уже в первой работе подвергает критическому разбору существовавшие в то время гипотезы о дифференциации магмы (Бунзена, Дюроше) [659, 660]. Указывая, что в земной коре наиболее распространены граниты и основные эффузивные породы, или, иначе, базальты, Д. С. Белянкин не отрицал больших возможностей кристаллизационной дифференциации, разработанной Н. Л. Боуэном [652], однако он не придавал ей большой породообразующей роли. Рассматривая всевозможные виды дифференциации, Д. С. Белянкин говорит о них, что «все это не больше, как чисто логические, более или менее спекулятивные построения, лишь в той или иной мере отвечающие общей физико-химической теории и современным геофизическим данным».

О химическом составе исходной магмы того или иного комплекса можно судить лишь приблизительно на основе химического состава его компонентов и их объемных отношений, что учесть весьма трудно, так как «корневые» час-

ти комплексов недоступны для непосредственных наблюдений. Химический состав зависит, кроме того, от явлений ассимиляции активной магмой боковых горных пород, что также не поддается строгому учету и может привести к таким же результатам, как и явления дифференциации.

Все гипотезы Д. С. Белянкин сводит к следующей весьма общей классификации:

1) дифференциация во время кристаллизации магмы и при ее участии — так называемая «кристаллизационная дифференциация»;

2) дифференциация в жидком состоянии — до начала кристаллизации, так называемая «магматическая дифференциация» в узком смысле слова.

Дифференциация во втором случае подразделяется на несколько типов: а) «концентрационную дифференциацию» — по температурам или удельному весу; б) ликвацию; в) газовый перенос. Далее он критически рассматривает все перечисленные типы дифференциации.

Представления о кристаллизационной дифференциации ведут свое начало от Ч. Дарвина (1844 г.) [657] и Г. Пулет-Скропа (1872 г.) [680]. Их развивал затем Ф. Ю. Левинсон-Лессинг [558] и другие ученые. Позднее их особенно поддерживал Н. Боуэн [652].

Явления, похожие на дифференциацию в искусственных расплавах, были описаны И. А. Морозевичем [579]. Еще в 1915 г. Д. С. Белянкин в критических замечаниях по поводу работы И. А. Морозевича обращал внимание на то, что в этих опытах происходила не дифференциация расплава, а наблюдалась только его исходная неоднородность (идущая от шихты), которая возникала в порядке последовательного плавления различных минералов гранита и которая не успела выровняться вследствие большой вязкости «сухого» силикатного расплава [44, 45].

У старых ученых, начиная с Ж. Дюроше [660, 663], гипотеза ликвации как активного фактора дифференциации пользовалась успехом. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг тоже применял ее в своих теоретических построениях. Позже ее разделял и К. Феннер. Д. С. Белянкин пишет, что все это в значительной степени противоречит его личному опыту с породообразующими силикатными смесями, которые при плавлении превращаются, как правило, в однородную жидкость без всякой ликвации. Здесь автор ссылается также на исследование Дж. Грейга [521]. Говоря о работах Грейга [653], Д. С. Белянкин замечает, что его опыты окончательно могли бы дискредитировать идею магмати-

ческой ликвации, если бы относились не только к сухим силикатным расплавам; между тем магма всегда содержит элементы воды [698], так или иначе влияющей на физико-химические реакции в ней и на их результаты. В отличие от числа силикатных расплавов, отмечает Д. С. Белянкин, составы с сульфидами, фторидами и фосфатами испытывают ликвацию, и к ним принцип ликвации может быть применен [522].

В 1932 г. редакция журнала «Керамика и стекло» провела дискуссию о возможности ликвации в промышленных силикатных стеклах. Она возникла в связи с появлением в печати статьи Б. С. Швецова «О расслаивании стекла при его застывании» [642]. В этой дискуссии принял участие и Д. С. Белянкин [501—503, 512, 529]. Статья Б. С. Швецова была вторично напечатана в журнале «Керамика и стекло», но в измененной редакции [643], в виде автореферата его первой статьи. Б. С. Швецов утверждал [642, 643], что им была установлена ликвация в разных промышленных заводских многокомпонентных стеклах — свинцовом хрустале, баритовом флинтке, дрововом, колбочном и зеркальном стеклах. Все участники дискуссии, в том числе и Д. С. Белянкин, отнеслись отрицательно к высказываниям Б. С. Швецова, кроме О. К. Ботвинкина, который занял «нейтральную» позицию [501—503, 512, 529].

В 1949 г. Д. С. Белянкин опубликовал статью «Магматическая ликвация — можно ли верить в нее и какие мы имеем к тому основания» [378], которая имеет близкое отношение к разбираемой теме. Он обсуждает в ней статью К. Феннера, о несмесимости изверженных магм [663] и приходит к выводу, что заключение о несмесимости магм Феннер [662] делает не в результате прямых наблюдений, а исходя из соображений недостаточности принципа кристаллизационной дифференциации, чтобы объяснить самостоятельное существование и сонахождение вулканических пород с различным химическим составом. На вопрос: «Удовлетворяет ли нас такая постановка вопроса?» — Д. С. Белянкин отвечает: «Конечно, нет».

В поисках доказательств существования магматической ликвации он останавливается на двух ранее описанных примерах в статьях Т. Тантона и Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. Тантон описал [696] кварцевые порфиры из Эгейт-Пойнт в Канаде. В них [164] содержатся многочисленные шарики, сливающиеся иногда в полосы, как бы флюидальные потоки. Под микроскопом наблюдается вторичное растекловывание как шариков, так и основной массы поро-

ды. Эти явления Таптон принимает за магматическую ликвацию. Сопоставляя все факты, Д. С. Белянкин пришел к выводу, что в данном случае имеется не ликвация, а обыкновенная сферолитовая девитрификация однородной, первоначально стеклообразной породы. Второй случай предполагаемой, как говорит Д. С. Белянкин, магматической ликвации описал Ф. Ю. Левинсон-Лессинг при изучении ялгубских вариолитов еще в 1884 г. [566, 676]. Однако и здесь Д. С. Белянкин не видит подтверждения ликвации и считает, что необходимы дальнейшие геологические исследования и расширенные опыты.

После экспериментальных работ Грейга по изучению ликвации в силикатных системах, опубликованных в 1927 г., вопрос о ликвации стекол возник, когда в руках экспериментаторов оказался новый инструмент для исследования, позволяющий видеть вещество при значительно большем увеличении, чем это позволяет оптический микроскоп. Дальнейшие многочисленные наблюдения стекол известных составов подтвердили существование в них ликвации при определенных режимах тепловой обработки.

В результате исследований различных стекол было установлено, что существуют две формы ликвации. Одна из них представляет собой выделение второй фазы в виде «капель», взвешенных в основной непрерывной фазе, которую можно назвать «матрицей». Другая форма ликвации образует «губчатое» сквозное расслоение, где обе фазы проникают друг в друга, где нет изоляции одной фазы при помощи другой, что наблюдается при капельной ликвации. Благодаря этому стало понятным сквозное выщелачивание при обработке кислотой тех стекол, которые имеют губчатую ликвацию. К ним принадлежат, например, натриево-боросиликатные стекла.

Как показали многочисленные опыты, ликвация имеет самое близкое отношение к кристаллизации. Известно более 70 различных химических составов стекол (от двухкомпонентных до многокомпонентных), которые испытывают ликвацию в определенном интервале составов и в определенных интервалах температур. Однако в их числе нет таких составов, которые хотя бы приблизительно были близки к химизму магмы.

Впрочем, еще Д. С. Белянкин обращал внимание на то, что «состав магмы или магм в точности нам неизвестен» [351]; «магма по своему составу и по химизму гораздо более сложна, чем образующиеся из нее изверженные породы, и простое расплавление глубинных пород не может

дать первоначальной магмы», — писал еще в 1915 г. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг [563].

Тем не менее имеющиеся в настоящее время знания о ликвации многих искусственных сложных стекол могут, по мнению Д. С. Белянкина, «поддерживать веру» в то, что она способна играть значительную петрогенетическую роль. Мнения петрографов по поводу такой роли процесса ликвации и сейчас сильно расходятся [589, 590, 610]. Проблема дифференциации магмы до сих пор является центральной проблемой петрографии. И в последних работах продолжают цитироваться те данные и соображения, которые высказывал в свое время Д. С. Белянкин.

Вода в магме

Мысль об очень большой роли воды в процессе расщепления магмы, о ее дифференциации занимала Д. С. Белянкина еще в 1915 г. [44, 45]. Напомним, что Эли де Бомон был первым, кто высказал идею о дифференциации магмы при участии газов. А. Мипель-Леви и А. Лакруа приписывали им деятельное участие в образовании магматических пород, а П. Ниггли принадлежит заслуга в теоретическом обосновании роли легколетучих составных частей в магматических процессах.

В 1928 г. Д. С. Белянкин публикует специальную статью «О воде в магмах и магматических горных породах» [98]. Он признает, что проблема воды относится к числу труднейших в петрографии, и разбивает ее на несколько частных проблем: существует ли такая вода вообще, сколько этой воды в магмах, какую роль она играет в образовании изверженных пород и т. д.

Прямые наблюдения показали, что некоторое количество воды есть в лаве. Д. С. Белянкин ссылается на наблюдения А. Дэя [658] и Е. Шеферда [692], описавших лаву в бассейне вулкана Килауэа на Гавайских островах. Переливаясь через край кратера, лава некоторое время сохраняет свою подвижность и образует ручейки с температурой красного каления, т. е. примерно 700—800° С. Если образцы этой ручейковой лавы собрать после ее отвердевания, то они плавятся лишь при 1300°С. Причина этого заключается в том, что газы, содержавшиеся в лаве, и в первую очередь газообразная вода, согласно определениям Дэя и Шеферда, удалились из лавы при ее остывании. На примере двух типов лав вулканических стекол из Килауэа Х. Вашингтон примерно в те же годы показал, какое зна-

чение имеют газообразные компоненты в силикатных расплавах [700].

Возвращаясь к статье Д. С. Белянкина «О воде в магмах и магматических горных породах» [98] и учитывая исследования, которые были выполнены за послевоенные годы, необходимо отметить, что Дмитрий Степанович мог бы решительнее отстаивать идею «газового переноса», как он ее называл. Белянкин придавал этому фактору особое значение среди всех других видов дифференциации магмы, так как газовый перенос наиболее полно отвечает геологическим фактам. Белянкин видит следы его проявления в разных контактных процессах, например фельдшпатизации сланцев, скарнировании известняков и т. п., а также в широко распространенных в природе явлениях сиенитизации, гранитизации и других процессах вторичного магматизма, протекающих при сравнительно высоких температурах; поэтому вода должна находиться в надкритическом состоянии. В результате совместного действия контакты и газовый перенос создают единый мощный комплекс процессов порообразования. Д. С. Белянкин полагал, что именно в этом направлении должны быть сосредоточены исследовательские усилия в области дифференциации магмы. Как показали дальнейшие события, его прогноз блестяще оправдался.

Уже после смерти Д. С. Белянкина была опубликована классическая работа Татла и Боуэна, совершившая переворот в петрографии. Эти авторы показали, что в присутствии относительно небольшого количества воды (всего 4 или 6%) смесь полевых шпатов (плаггиоклаза и калиевого полевого шпата) и кварца дает эвтектический расплав при очень низкой температуре (650—700° С). Выяснилось, что все природные граниты имеют эвтектический состав. Это было очень большим открытием, показавшим, что все граниты являются результатом плавления вещества земной коры в присутствии воды при очень невысокой температуре. В этом можно видеть успех прогноза Д. С. Белянкина, довольно давно указавшего на большую роль воды в генезисе магмы и на малое значение магматической дифференциации.

Контактные явления

Для своего доклада на XVII Международном геологическом конгрессе в Москве в 1937 г. Д. С. Белянкин выбрал тему о петрогенетическом значении контактных явлений [232, 259]. Это и понятно. Ведь всю свою жизнь он

интересовался принципиальными вопросами петрогенезиса. Наряду с дифференциацией магмы ассимиляция ею боковых горных пород относится к числу главнейших факторов, вызывающих химическое разнообразие изверженных горных пород. Оба эти фактора, взаимодействуя друг с другом на контактах, дают, с одной стороны, начало роговикам и скарнам, с другой — возникновение вторичных новообразованных изверженных горных пород. Примеры петрогенезиса такого рода Д. С. Белянкин неоднократно встречал в Карелии, на Кольском полуострове, на Урале.

Особое внимание Д. С. Белянкин обратил на то, что контактные процессы могут служить моделью явлений ассимиляции магмой вмещающих горных пород. Как физико-химик и экспериментатор, он подчеркивал, что на контактах хорошо наблюдаются признаки происходивших здесь некогда энергичных петрогенетических процессов. На восточном побережье Онежского озера и на прилегающих к нему островах Белянкин наблюдал контактные явления. Здесь полнокристаллические диабазы образуют жилы и небольшие штоки в гранитах, вызывая в контакте появление вторичных мелких гранитоидных жил.

Другие примеры контактных явлений Д. С. Белянкин приводит из своих экспедиций на Урал. Когда он впервые познакомился с магматическим комплексом в Ильменских горах, то предположил, что непрерывные и постепенные переходы между его членами есть следствие ассимиляции ильменской магмой известняков, мергелей и других подобных осадочных пород. Согласно этому взгляду, более молодые миасскиты интродировали в древние гранито-гнейсы и на их контактах в результате реакций образовались различные сиениты (которые и остались на месте контакта), а также сиенито-аплитовые расплавы, которые мигрировали из области контакта и дали начало кристаллизации интрузивных прослоев в миасскитах, гранитах и др.

Сиенитизация гранито-гнейсов, согласно взглядам Дмитрия Степановича, — не единственная форма ильменского контактного петрогенезиса. Кроме нее, в ильменском комплексе он отметил большую петрогенетическую роль явлений магматической ассимиляции осадочных и отчасти основных эруптивных пород. В области гранито-гнейсов к ней относятся полевошпатовые амфиболиты и кварцевые парагнейсы, а в области миасскитов — шпирово-полосатые роговообманковые миасскиты и сиениты.

На Турьем мысу в Кандалакшском заливе Белого моря контактные явления выражены особенно отчетливо на гра-

гицах ийолитов и песчаников. Здесь контактные породы, как и в Ильменских горах, — это мало постоянные по составу сиениты в виде сиенитизированных песчаников и жильных сиенитовых тел, имеющих магматическую самостоятельность.

Как выяснилось позднее, оба региона, как Ильменский, так и Турьего мыса, связаны с очень своеобразной группой щелочно-ультраосновных и карбонатитовых интрузивов, к которым приурочены многие полезные ископаемые; работы Д. С. Белянкина по их контактам явились основой и началом изучения подобных массивов.

Общий характер контактного петрогенезиса Д. С. Белянкин дополняет указанием на широкое развитие контактных диоритовых тел в Аргаяшском районе на Урале, в пограничной зоне диабазового и гранитового полей; на образование анортозитов и других плагиоклазитов на контактах змеевиков с гранито-гнейсами и их пегматитами в Кыштыме; на происхождение фореелленштейнов в прибрежных горах оз. Севан в Закавказье; и во всех случаях не только возникает контактный метаморфизм, но (и это, пожалуй, самое главное в его взглядах) и образуются новые магмы, способные к самостоятельным передвижениям. Хотя здесь небольшие масштабы, но все эти явления «нечто реальное, петрогенетическое, а не одни только логические построения» Они обещают «дальнейшие перспективы в разрешении основной нашей проблемы — происхождения химического разнообразия изверженных горных пород».

Ильменские горы

Ильменские горы представляют собой группу хребтов на Южном Урале. Они издавна привлекали к себе внимание исследователей своеобразием горных пород и минералов. Еще на самых первых этапах освоения Урала здесь добывали прекрасные кристаллы драгоценных камней. Позднее в Ильменских горах находили красивые коллекционные штUFFы, которые служат украшением советских и зарубежных музеев. На территории Ильменских гор было найдено и описано довольно много новых минералов; некоторые из них оказались весьма распространенными, например ильменит — титанистый железняк, который сейчас является железной и титановой рудой. Встречены здесь и многие редкие минералы.

В начале нынешнего века, как говорилось ранее, в Ильменских горах работала «радиевая экспедиция», возглавлявшаяся академиками В. И. Вернадским и А. Е. Ферсманом. В ней участвовал и Д. С. Белянкин. Исследования экспедиции показали, что огромный интерес представляет не только минералогия Ильменских гор, но и общее геологическое строение региона, а также распределение минеральных месторождений по массиву.

Геолого-минералогические особенности Ильменского хребта были настолько интересны, что в 1920 г. декретом СНК, подписанным В. И. Лениным, район Ильменских гор был объявлен первым в мире минералогическим заповедником. Позднее Ильменский государственный заповедник, которому в 1940 г. было присвоено имя В. И. Ленина, стал общим заповедником для сохранения также флоры и фауны Урала.

В результате работ Д. С. Белянкина и более поздних исследователей строение Ильменских гор изучено довольно хорошо. Оказалось, что их слагает единое геологическое тело с так называемыми Вишневыми горами, расположенными несколько севернее, у городов Кыштым и Касли. Массивы сложены относительно редкой горной породой — нефелиновым сиенитом, внедрение которого происходило в процессе формирования этой части Урала. В результате по краям выходов магматических пород образовались два относительно крупных массива, закругленных по концам и вытянутых в середине; их связывает топкая, иногда всего в несколько десятков метров, вытянутая полоса щелочных пород. Давление, которое в процессе застывания магмы горнообразующие усилия оказывали на массивы нефелиновых сиенитов, вызвало течение еще жидкой, но уже начавшей кристаллизоваться магмы, в результате чего пластинчатые кристаллы слюды расположились параллельно границам массива. Эта особенность ильменского нефелинового сиенита, нигде в нефелиновых сиенитах ранее не отмечавшаяся, и послужила основанием для присвоения этой породе названия «миасскит».

Второй особенностью пород Ильменского комплекса было его чрезвычайное богатство летучими компонентами — водой, фтором, углекислотой, серой, хлором, а также легколетучими редкими щелочами и другими веществами. Скапливаясь в некоторых участках застывшей магмы, летучие разжижали ее, чем значительно облегчали кристаллизацию минералов; возникали жилы и участки, где размер кристаллов гораздо больше, чем в других мес-

тах, — это и есть пегматитовые жилы. Местами в таких жилах скапливаются летучие — создается пустота, в которой кристаллизуются наиболее совершенные прозрачные минералы, являющиеся драгоценными камнями, а иногда содержащие редко встречающиеся химические элементы, так, в топазе связывается фтор, в канкрините — сера, в хиолите — хлор. Все эти жилы и минералы встречались в нефелиновых сиенитах, а в предгорьях возникали нормальные гранитные жильные тела. Сочетание гранитного и нефелин-сиенитового магматизма дает многие интересные минералы.

В начале века это еще не было известно, и понимание строения Ильменских гор началось с работ Д. С. Белянкина. Уже в первых его публикациях было дано классическое описание геологии и петрографии Ильменских и Вишневых гор, были открыты и изучены многие горные породы и новые минералы. Когда в 1908 г. Д. С. Белянкин приступил к изучению Ильменских гор, перед ним была только петрографическая схема, предложенная в 1876 г. И. В. Мушкетовым, так сказать «канва», по которой он должен был «вышивать лишь более или менее тонкие петрографические узоры» [7, 9, 11]. Он пишет [87], что так и поступил, но оказалось, что «Ильменский петрографический узел не так элементарен и прост, как это рисуется по схеме Мушкетова». Наиболее легко устанавливается центральное положение на Ильменском хребте миасскитов, которые наподобие ореола окружены сиенитами. Миасскито-сиенитовые образования как бы вставлены в рамку из гранитов. Все эти породы сопровождаются пегматитами. Их минералогический состав повторяет состав соответствующих им нормальных пород, и потому есть миасскитовые, сиенитовые и гранитные пегматиты. Д. С. Белянкин пишет, что пегматиты — «вообще образования весьма мудреные». Их происхождение неоднозначно: лишь условно можно называть их магматическими, поскольку они могут быть и первичными, образованными застывшей материнской магмой, и вторичными. В этом глубокое отличие ильменских щелочных горных пород от соответствующих кольских, минусинских, норвежских и т. д.

Крупнейшим открытием Д. С. Белянкина, значение которого понимается только в последние годы, было выявление в Савельевом Логе в Ильменских горах крупной массы карбонатных пород. Тогда он предполагал, что это крупный ксенолит (захваченный обрывок) осадочных карбонатов, измененных магмой. Сейчас же ясно, что это маг-

матические карбонаты, так называемые карбонатиты, и что, следовательно, ильменский комплекс следует относить к интенсивно изучаемым в последние годы ультраосновным — щелочным интрузивам, богатым полезными ископаемыми.

Проблема кыштымита

Особенностью горной породы, названной кыштымитом, является присутствие в ней кристаллов корунда — минерала, представляющего собой чистый глинозем (окись алюминия). Вообще глинозема в горных породах довольно много — от 10 до 20—25%, иногда даже и больше. Однако одновременно в породе присутствует кремневая кислота, которая может связывать глинозем в силикат, но в еще больших количествах встречаются в тех же породах щелочи и кальций, которые связывают глинозем в полевые шпаты; со щелочами образуются калиевые (ортоклаз) или натровые (альбит) полевые шпаты. Кальций связывает глинозем и кремнекислоту в кальциевый полевой шпат — анортит. Натровый и кальциевый полевые шпаты смешиваются во всех отношениях, давая так называемые плагиоклазы. Чем больше в полевом шпате кальция, тем больше в нем содержится глинозема.

В гранитных породах весь глинозем связан со щелочами и кальцием в полевые шпаты. Чтобы получить свободный глинозем — корунд, из материнской породы должны быть удалены в первую очередь щелочи и кремнекислота; тогда глинозем сначала связывается с кальцием, давая богатые кальцием плагиоклазы и иногда горные породы, сложенные целиком плагиоклазом (плагиоклазиты, или, на французский лад, анортозиты; анортоз по-французски — плагиоклаз), или те же плагиоклазовые породы, но со свободным глиноземом — корундом.

Корундсодержащие породы встречаются относительно редко, но везде они образуют небольшие тела, очень похожие на гранитные и аплитовые жилы. Однако гранитные и аплитовые жилы содержат кварц и очень богатые натрием плагиоклазы, чего нет в корундовых породах. Несмотря на то что подобные корундовые породы описываются и изучаются во многих странах, полного решения проблемы пока еще нет. Различия в составе корундовых пород позволили дать им разные названия; кроме кыштымита, аналогичный характер имеют так называемые марундиты и плюмазиты. Работы Д. С. Белянкина являются одними из первых, посвященных проблеме корундовых пород.

Д. С. Белянкин обнаружил кыштымит еще в 1910 г. [7] на Лысой Сопке — небольшой змеевиковой горке на берегу оз. Сугомака. Кроме змеевика, в ее строении участвуют и некоторые другие породы — инъекционные гнейсы, амфиболиты и плагиоклазиты [9]. Гнейсы — в общем гранитная порода; амфиболит состоит из амфибола почти целиком, а плагиоклазиты — из одного плагиоклаза и принадлежат к крайним бескорундовым членам сплошного кыштымитового ряда. Они имеют самое прямое и непосредственное отношение к петрогенетической проблеме кыштымитовых пород [144]. В 1930 г. Д. С. Белянкин вместе с Г. А. Соколовым занимались картированием Кыштымской и Каслинской дач. Подобную работу на соседнем участке выполняли и московские петрографы — Е. А. Кузнецов и В. С. Коптев-Дворников.

В те годы изучение корундовых пород приобрело и огромное практическое значение. Корунд — самый твердый минерал, уступающий по твердости только алмазу. До революции корундовые абразивы (наждаки) ввозились в Россию из-за границы. После революции капиталистическими монополиями был наложен запрет на их ввоз. Необходимо было найти свои месторождения корунда. Кыштымские месторождения хотя и были невелики, однако позволили начать производство абразивов из отечественного сырья. Потом были найдены более богатые месторождения корунда в Казахстане, а затем налажена технология синтеза корунда. Сейчас Советский Союз располагает мощной абразивной промышленностью, начало которой было положено работами в Кыштыме.

Д. С. Белянкин и Г. А. Соколов, а также Е. А. Кузнецов и В. С. Коптев-Дворников пришли к более или менее одинаковым петрографическим выводам о корундовых плагиоклазитах; было показано, что они представляют собой не просто продукт дифференциации, в их формировании существенное участие принимали и флюидные («пегматитовые» в широком смысле этого слова) компоненты [129]. Современные пегматиты являются продуктами реакций между первоначальными флюидами и некоторым первичным субстратом, который во всех изученных случаях представлен змеевиками. Можно допустить два цикла таких реакций: 1) на больших глубинах, чем те, которые вскрыты эрозией к настоящему времени; 2) на «современных» глубинах. Во втором цикле реакций должны были участвовать «современные» боковые породы пегматитов.

Подобное реакционное происхождение приписывал Д. С. Белянкин и всему «известному миасскито-гранитовому комплексу, содержащему в своих педрах или на границе их с осадками также и ряд других изверженных материалов, как циркон, ильмениты, ортиты, слюды и пр.».

Д. С. Белянкин пишет [144], что такую же широкую постановку проблемы корундовых плагиоклазитов и щелочных горных пород по соседству с ними можно найти и у Т. Барта [649], и у Е. Ларсена [671]. Подробное ознакомление с Лысой Сопкой в 30-х годах привело Д. С. Белянкина к выводу, что существующие в ней взаимоотношения горных пород можно свести к десилификации аплитопегматитовой магмы под влиянием взаимодействия ее с основными или ультраосновными породами.

Термин «десилификация» предусматривает потерю гранитной магмой, может быть, обогащенной летучими (пегматитовой!), кремнекислоты и, конечно, щелочей; в результате этого гранитная порода теряет кварц и лишается щелочных полевых шпатов — переходит в плагиоклазит, а затем, по мере еще большей потери тех же компонентов, — в корундовые породы. Сейчас уже можно считать, что эти удаляющиеся компоненты попадают во вмещающие ультрабазиты и за их счет образуются амфиболиты (привнос воды и кремнекислоты) и чисто слюдяные контактные породы — слюдиты. Однако механизм процесса десилификации, который был неясен Д. С. Белянкину, остается неясным и сейчас. На этот счет существуют две гипотезы: согласно первой, рассмотренной А. Е. Ферсманом, этот процесс имел место тогда, когда жила гранита была еще жидкой, а вторая принадлежит Д. С. Коржинскому, который предполагает, что гранитное тело сначала должно было застыть как гранитная жила, а уже последующая обработка интрузивного тела и вмещающих пород растворами изменила их коренным образом.

Поднятая Д. С. Белянкиным около 70 лет назад проблема продолжает обсуждаться и в настоящее время.

Горные породы Урала для промышленности

В этом разделе хочется отметить важную особенность характера Д. С. Белянкина. Во всех своих работах он стремился видеть прежде всего практические возможности использования той или иной горной породы. Не всегда эти возможности удавалось реализовать, но во всяком случае

его предположения постоянно учитывали потребности практики.

В 30-х годах стала нарастать потребность в кислотоупорах для развивающейся химии. Д. С. Белянкин, приступая к поискам кислотоупорной породы, обратил внимание на лестивариты, которые впервые встретил и описал на Урале еще в 1909 г. [12, 13]. Определения устойчивости породы против разных кислотных растворов, выполненные в Ленинграде, подтвердили его догадку о пригодности лестиварита в качестве кислотоупора. На этом основании Д. С. Белянкин, В. Ф. Журавлев и Б. В. Залесский [146] писали, что лестивариты Большого Камня могут претендовать на одно из первых мест среди кислотоупоров Урала.

Как керамическое сырье Д. С. Белянкин рассматривал также кварцевые порфиры, широко распространенные в районе Аргаяша на Урале. В ряде селений (Ушкуль, Сарыкаево, Туляково, Темрес) существовали каменоломни, открытые местными жителями для разработки кварцевых порфиров как строительных камней [198]. По микроскопическому исследованию этот порфир состоит преимущественно из альбита, кварца и мусковита. Кыштымские и каслинские плагиоклазиты также могут представлять интерес как керамическое сырье.

Дефицит щелочей в стекольной промышленности в 30-х годах заставил производителей обратить внимание на их природные заменители. В виде предварительного сообщения А. И. Жилин в 1930 г. опубликовал краткую обзорную статью об использовании уральских горных пород в стеклоделении [528]. Жилин писал, что в результате исследований, начатых Д. С. Белянкиным в 1908 г., он обратил внимание на возможность использования миасскитов как заменителей щелочей в стеклоделении. В них много калия и натрия; сумма их окислов составляет 14,3%; однако наряду с таким благоприятным количеством щелочей в миасскитах много глинозема (19,72% Al_2O_3) и железа, что весьма затрудняет варку стекла. После промышленных испытаний миасскиты вместе с другими компонентами оказались пригодными для выработки бутылочных стекол [473]. Однако с экономической точки зрения они могут оправдывать себя только на уральских заводах, расположенных неподалеку от залежей миасскитов, поскольку перевозка миасскитов в отдаленные районы окажется нерентабельной.

В 50-х и 60-х годах у нас в стране начались поиски сырья для производства фарфора, увенчавшиеся блестя-

щей победой. В окрестностях с. Гусевки в Приморье была найдена своеобразная горная порода — «гусевский камень», которая смогла заменить в фарфоровой шихте местных фарфоровых заводов до 80% ее привозных компонентов. «Фарфоровые камни» ищут также в Казахстане, на Кавказе и в Закавказье.

Таким образом, в «фарфоровом камне» в известной мере воплотилась идея Д. С. Белянкина об использовании естественных горных пород в стеклоделии и керамике.

Неоинтрузии Кавказа и Закавказья

Как уже отмечалось, Д. С. Белянкин, работая впервые на Кавказе в конце прошлого века, обратил внимание на то, что на склонах Казбека, представляющего собой потухший вулкан, в долинах чрезвычайно труднодоступных рек Теп-дон и Суатиси-дон, на высоте 3—4 тыс. м встречаются породы, близкие к породам лакколита Калько. Уже тогда он подчеркивал, что это молодые породы, по возрасту примерно одновременные с извержениями вулкана Казбек, но явно застывшие на некоторой глубине в толще горных пород, т. е. они являются интрузиями. Отсюда их название — «неоинтрузии», что указывало на молодой возраст этих интрузивных (внедрившихся) тел. Кроме них, на Кавказе, в частности вдоль той же Военно-Грузинской дороги в Дарьяльском ущелье, встречались интрузивные тела, но уже древние. Неоинтрузии, как и древние интрузии, слагаются гранитами примерно одинакового химического состава, но резко отличными по виду. Так как возраст горной породы является ее важнейшей характеристикой, нужно было найти какой-либо объективный признак, отличающий молодые интрузивы (неоинтрузии) от древних; и Д. С. Белянкину удалось это сделать. В обоих гранитах присутствует калиевый полевой шпат. Но в древних он представлен так называемым микроклином — триклинным минералом с очень характерной двойниковой структурой, в которой отдельные двойники образуют своеобразную решетку, а в молодых — совершенно однородным санидином — моноклинным кристаллом, лишенным двойников. Санидины ранее описывались только из молодых лав. В интрузивных телах до этого времени они не были известны. Такая особенность неоинтрузий позволила легко определять «неоинтрузивные» породы даже в валунах. Это позволило показать, что неоинтрузивные породы довольно широко распространены на Центральном Кавказе.

В конце 20-х годов нынешнего века, когда вновь началось изучение геологии Кавказа, было замечено, что в контактных полях неинтрузий встречаются многие рудные месторождения. Их исследование приобрело важное практическое значение. В эти годы свои исследования на Кавказе Д. С. Белянкин сосредоточил в пределах Аджарии. И здесь среди толщ молодых нижнетретичных вулканогенов (т. е. образовавшихся около 50—60 млн. лет назад) встречены интрузивные гранитоиды, еще более молодые, чем вулканогены. Оказалось, что все признаки неинтрузий Центрального Кавказа типичны и для аджарских молодых пород. Позднее, в середине 30-х годов, Д. С. Белянкин приступил к работам в Абхазии, расположенной на западной части южного склона Кавказского хребта. Как и в Аджарии, в Абхазии местность сложена вулканогенами — лавами и переслаивающимися с ними туфами. Но по возрасту абхазские вулканогены много древнее, чем аджарские, — в Абхазии вулканогены юрские (т. е. образовавшиеся 180—200 млн. лет назад). Среди них были также встречены гранитоиды, причем удалось точно определить их возраст и вопреки более ранним предположениям доказать, что эти гранитоиды имеют примерно тот же возраст, что и вулканогены. Особенности же абхазских неинтрузий очень близки к особенностям центральнокавказских и аджарских.

Еще одну группу неинтрузий исследовали Д. С. Белянкин и его ученики вдоль Главного Кавказского разлома, где в районе гор Кардывач и Бак, а также перевала Аданге были встречены интрузивные тела с признаками как молодых, так и древних. Было предположено, что здесь имеет место смесь молодой магмы и обломков древних интрузивов.

Итогом этих работ явились два важнейших петрографических вывода. Первый из них говорил о тесной связи вулканизма и интрузивной деятельности, о том, что каждому этапу вулканической деятельности соответствуют свои интрузивные образования. В те годы этот результат оказался совершенно неожиданным и новым; тогда на основе представлений тектониста Штилле считалось, что интрузивная деятельность возникает в процессе своеобразного развития тектоники и оторвана во времени от вулканизма. Только дальнейшие многочисленные исследования показали справедливость идей Д. С. Белянкина; и сейчас представления о «вулcano-плутонических формациях», т. е. о единстве вулканизма и интрузивного процесса, после

обобщений, сделанных одним из учеников Д. С. Белянкина — Е. К. Устиевым, стало практически общепринятым.

Второй вывод Д. С. Белянкина относится к полевым шпатам. Ранее уже отмечалось, что калиевые полевые шпаты неинтрузий и древних интрузивов, несмотря на одинаковость их химического состава, структурно весьма различны. Этот вывод в то время был совершенно неожиданным и, казалось, противоречил всем данным науки того времени. В 30—40-е годы в минералогии господствовали представления о тесной связи физических свойств минерала с его составом. Этому представлению резко противоречили данные Д. С. Белянкина о теснейшей связи характера калиевого полевого шпата с возрастом и фациальной принадлежностью того гранита, в котором кристаллизуется полевой шпат. Поэтому после опубликования работ о неинтрузиях со статьей о природе кавказских калиевых полевых шпатов в начале 30-х годов выступил известный советский петрограф В. Н. Лодочников, доказывавший, что полевой шпат кавказских молодых интрузий химически отличается от такового же древних. Д. С. Белянкин резко возразил против этого; он дал классификацию полевых шпатов, где указал, что существуют два одинаковых по составу, но структурно различных калиевых полевых шпата, между которыми возможны разные переходы. Причина этих различий тогда была еще неясна. Однако уже отчетливо выявилась закономерная приуроченность их к различным по характеру породам.

Только после смерти Дмитрия Степановича, когда к изучению полевых шпатов, да и других минералов, применили точные методы рентгеновского структурного исследования, было обнаружено ранее неизвестное явление структурного упорядочения некоторых минералов, которое наблюдается и у полевых шпатов.

Попробуем объяснить природу упорядочения. Структура полевого шпата (его формула $K(Al, Si_3)O_8$) состоит из непрерывной сетки кремнекислородных тетраэдров, где вокруг каждого иона кремния располагаются четыре иона кислорода по углам тетраэдра (четырёхгранника, подобно пакету молока). Каждый кислород принадлежит двум тетраэдрам — двум ионам кремния. Если бы центры всех тетраэдров были бы заполнены кремнием, то создалась бы структура кварца. В полевошпатовой структуре в центре одного из четырех тетраэдров вместо иона кремния располагается ион алюминия. Для компенсации недостающей валентности (ион кремния четырехвалентен, ион алюми-

ния трехвалентен) в структуру полевого шпата входит одновалентный катион — натрий или калий.

Положение алюминия в структуре полевого шпата в общем случае не фиксировано, и при кристаллизации полевого шпата безразлично, какой тетраэдр в структуре минерала займет алюминий, а какой кремний; важно только, чтобы на каждые три иона кремния приходилось бы по одному иону алюминия. При таком положении все тетраэдры независимо от того, занимает ли его ион алюминия или ион кремния, однозначны. Это создает высокую симметрию структуры. Такой «неупорядоченный» кристалл обладает моноклинной симметрией. При существовании в природе перекристаллизации породы положение алюминия становится безразличным; в структуре начинают чередоваться три иона кремния и один ион алюминия: происходит «упорядочение», при этом уменьшается симметрия (так как необходимо различать алюминиевые и кремневые тетраэдры), и в результате упорядоченные кристаллы становятся триклинными; увеличивается и объемная масса упорядоченного минерала по сравнению с неупорядоченным полевым шпатом того же состава.

Оказалось, что упорядочение свойственно многим минералам и является весьма важной особенностью природных кристаллов. Уже намечаются те условия, в которых идет природное упорядочение кристаллов. Явление упорядочения кристаллов — новая важная природная закономерность, которая изучается во всем мире.

Впервые значение этой проблемы было установлено Д. С. Белянкиным еще в начале века. Полевой шпат неинтрузий, как оказалось, является неупорядоченным, а у древних интрузивов — полностью упорядоченным. Выявилась и еще одна особенность: на Кавказе и в Закавказье степень упорядочения меняется с возрастом и степенью измененности и перекристаллизованности горной породы.

Тешенитовые породы

Когда в начале XX в. Д. С. Белянкин приступил к изучению горных пород Кавказа, он не мог пройти мимо такой интересной породы, как тешенит. Как отмечалось выше, Дмитрий Степанович посетил месторождение тешенитов в окрестностях Кутаиси, детально описал выходы этой породы, ее структуру и минеральный состав, а также рассмотрел систематическое положение цеолитов. Эта

работа положила начало изучению кавказских тешенитов, которые встречаются в Грузии во многих местах. Около г. Ахалцихе развиты крайне характерные породы с выделением цеолитов и их участием в структуре породы; встречаются они также в районе курорта Цхалтубо у сел. Банджа и в Рачинских горах около сел. Никорцминда. Близкие диабазовые породы с цеолитами отмечены в Аджаро-Триалетском хребте и по р. Иоре в Кахетии.

Во всех случаях тешенитовые породы являются мало-глубинными, а цеолиты — самыми поздними образованиями. Видимо, для выделения цеолитов необходимо значительное снижение температуры кристаллизации горной породы. Последние этапы кристаллизации проходили скорее из раствора, чем из расплава.

Особенно интересно месторождение Никорцминда. Тешенит здесь внедрился в молодые мергели (меловые, сформировавшиеся около 100 млн. лет назад), и в них в результате контактного воздействия тешенита на мергель образовался скарн — известково-силикатная порода, состоящая из граната и волластонита, причем самое важное, что после безводных минералов зонально на них нарастают ксонотлит (водный силикат кальция) на волластонит (безводный кальциевый силикат), гибшит (водный гранат) на гроссуляре (безводный гранат).

Иначе говоря, снижение температуры кристаллизации магмы в мало-глубинных условиях ведет в магматической породе к кристаллизации водных силикатов цеолитов, по составу крайне близких к безводным плаггиоклазам, а в скарнах — водных минералов, нарастающих на более ранние безводные аналогичные силикаты. Интересно, что параллельно в скарнах выделяются и другие водные низкотемпературные минералы — цеолиты, апофиллит и таумассит. Пожалуй, нигде так отчетливо не было показано влияние малых глубин на характер кристаллизации гипабиссальных пород с выделением на последних этапах формирования водных минералов, как в работах Д. С. Белянкина.

При изучении тешенитовой интрузии Никорцминды в контактных скарнах был найден характерный минерал, который по морфологии и свойствам определен как гибшит — минерал, впервые встреченный близ г. Усти-над-Лабем (бывший Аусиг на Марианской горе, Чехословакия) еще в середине прошлого столетия, однако анализ этого минерала оказался ошибочен. Д. С. Белянкин с сотрудниками сумели выделить этот минерал, хотя он образовывал плен-

ку толщиной около 0,1 мм, и определить его константы. Анализ показал, что гибшит имеет состав граната, но отличается от него тем, что вместо трех частиц кремневой кислоты в нем присутствуют только две на формулу, а одна заменена двумя частицами воды. Структура гибшита оказалась совершенно такой же, как граната. Ранее это даже не предполагалось.

Дальнейшие исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показали, что такие водные гранаты (гидрогранаты) имеют широкое распространение, и вхождение воды в гранат после работ Д. С. Белянкина учитывается минералогами во всем мире.

Турый мыс

Север европейской части Советского Союза, включающей три значительные петрографические провинции — Кольский полуостров, Беломорский район и Карелию, был предметом изучения Д. С. Белянкина вслед за Уралом и Кавказом. На Кольском полуострове находится обширная область нефелино-сиенитовых пород, к которой с запада и севера примыкают древнейшие метаморфические и отчасти гранитные и габбро-норитовые породы. В Беломорском районе развиты толщи гнейсо-гранитов и метаморфических пород, которые к началу работ Д. С. Белянкина были совершенно не изученными. Он исследовал также породы диабазовой магмы, представленные весьма широко в Карелии, где в северо-западной части Онежского озера до сих пор изучается интереснейший палеовулканический район [564].

Из всех работ Д. С. Белянкина на севере европейской части СССР наиболее интересной было исследование Турьего мыса, расположенного на южном побережье Кольского полуострова и на северном берегу Кандалакшской губы Белого моря.

В обнажениях Турьего мыса выходят редкие горные породы — различные граниты и гнейсы, а также песчаники и кварциты; все это прорывается более молодыми щелочными изверженными породами, которые оказались наиболее интересными для петрографов [141]. Д. С. Белянкин и Б. М. Куплетский закартировали здесь пять типов щелочных горных пород.

Среди существенно натровых пород неожиданным оказалось появление магматического кальциевого минерала. Исследования Д. С. Белянкина привели к новому откры-

тию: он нашел здесь еще одну нигде ранее не встречавшуюся породу, названную им турьитом в отличие от турьята. Это была жильная, т. е. явно интрузивная, порода, состоящая из «первичного» (участвующего в структуре породы) кальцита, граната, слюды, а вместо нефелина она включала анальцит — минерал, близкий к нефелину по химическому составу, но содержащий воду. Этот минеральный состав говорит о низкой температуре кристаллизации породы.

Дальнейшие исследования [68], проводившиеся Д. С. Белянкиным совместно с В. И. Влодавцем и Б. В. Залесским — известными сейчас петрографами, а тогда еще очень молодыми специалистами, показали, что щелочные породы на мысе Турьем образуют не только главный ийолитовый штوك с апофизами в окружающую породу, но и большое число более мелких, самостоятельных и разрозненных выходов жильного характера. В 1924 г. Д. С. Белянкин с сотрудниками особенно тщательно исследовали взаимоотношение различных пород и собрали много материалов по контактному изменению песчаников под влиянием щелочной магмы. Д. С. Белянкин и В. И. Влодавец [141] детально изучили жильный комплекс в районе. При этом оказалось, что в нем активно и пассивно участвуют не только силикатные изверженные тела, но и известняки. Были установлены почти три различных возраста известняковых жил. Особенное внимание Д. С. Белянкин уделил кальциту, как входящему в состав турьитов, так и образующих самостоятельные известковые жилы. Прямое участие кальцита в структуре турьита заставило его хотя бы отчасти признать кальцит первичным магматическим; однако он тут же указывает, что кальцит главным образом может быть вторичным метасоматическим, замещающим первоначальные минералы пород.

Для такого даже половинчатого заключения нужно было провести объективные исследования и проявить «большое научное мужество»; незадолго перед этим прошла научная дискуссия о природе карбонатсодержащих пород побережья Норвегии. Сначала эти породы описывались как магматические, а потом, на основе физико-химических соображений, было «несомненно» доказано, что магматических карбонатов «быть не может». Далее показано, что это «несомненное доказательство» было опровергнуто.

Важно подчеркнуть еще одно наблюдение Д. С. Белянкина на Турьем мысе. Песчаники, вмещающие интрузию,

оказались интенсивно переработанными; в контакте с интрузивными породами в них возник полевой шпат, местами полностью исчез кварц. Первоначальная кварцевая порода превратилась в полевошпатовую, близкую к сиениту. Произошла, как отмечал Д. С. Белянкин, «сиенитизация песчаника». Д. С. Белянкин и В. И. Влодавец указывали, что все вообще щелочные породы Турьего полуострова происходят из одного и того же магматического источника.

В 20-х годах, когда Д. С. Белянкин и его сотрудники проводили исследования, никто не мог понять природу изученных пород Турьего мыса. В те годы даже не предполагалось, что известковые породы могут быть магматическими. Они понимались как низкотемпературные гидротермальные жилы или как метасоматические породы. Это продолжалось до 1967 г., когда в Африке, на границе между Танзанией и Кенией, начал действовать небольшой вулкан Ол-Доиньо-Ленгаи, из которого выбрасывался карбонатный пепел и изливалась как раз та самая «совершенно невозможная» карбонатная лава. Таким образом, было доказано бесспорное существование магматических карбонатов. Кроме того, оказалось, что эта карбонатная, или, как ее теперь называют, карбонатитовая, магма содержит очень много летучих веществ, воды и щелочных карбонатов. Летучие компоненты, проникая в горные породы, вызывая их изменение и «ощелачивание»; сейчас ощелаченную зону называют «фенитами». Такими участками изменения были и сиенитизированные участки песчаника, описанные Д. С. Белянкиным.

Особой трудностью в понимании геологии района было то, что Д. С. Белянкин изучал только небольшую часть контактной зоны сложной карбонатно-ультрабазитовой интрузии, образующей здесь, как позднее выяснилось, крупное, более или менее округлое тело, захватывающее часть Кольского полуострова и уходящее частично под воду Кандалакшского залива. Иначе говоря, интрузия Турьего мыса представляет собой щелочно-ультраосновную интрузию с карбонатитами — магматическими карбонатами, которые и в настоящее время привлекают большое внимание, так как с ними связаны многие полезные ископаемые.

Д. С. Белянкин и его сотрудники были пионерами петрографического исследования Кольского полуострова и Карелии. Его работы здесь содержат большое количество первичного материала и продолжают цитироваться. Беломорский отряд в составе Д. С. Белянкина, В. И. Влодавца и А. Г. Шимпфа летом 1923 г. произвел геологическую и топографическую съемку Терского берега Кольского полуострова в нижнем течении р. Поной — самой большой реки этого полуострова, берущей начало в его центральной части. Предварительный отчет был опубликован в 1924 г. [75]. В 1927 и 1928 гг. Н. П. Лупанова и Э. А. Сазонова под руководством Д. С. Белянкина провели дополнительные наблюдения и сборы образцов. Результаты выполненной работы были описаны в 1934 г. [184]. Район этот до сих пор изучен относительно плохо, и еще сейчас материалы, полученные партией Д. С. Белянкина, имеют научную ценность.

На восточном побережье Онежского озера, к северу и к югу от устья р. Водлы, а также на ближайших островах Д. С. Белянкин в 20-х годах [69] исследовал граниты, представлявшие ценность как строительный материал и как пример древних гранитов платформенного основания. Интересными оказались небольшие жильные и другие интрузии диабазов в гранитах. По границам между ними отчетливо видно контактное воздействие диабазов на граниты. Первые «плавят» вторые, как отмечали Д. С. Белянкин и А. А. Турцев [80]; «вторичный» расплавленный гранит частично смешивается с диабазами и образует гибридные промежуточные породы, а частично дает начало жилам регенерированного гранита.

Этому явлению Д. С. Белянкин придавал весьма большое значение. Здесь процесс контактной выплавки «вторичного гранита» имеет «микроскопический» характер, но, как предполагал Д. С. Белянкин, в земных глубинах он может играть очень большую роль в пороодообразовании вообще. Следует отметить, что сейчас возможность выплавки кислой магмы под воздействием жидкой основной признается всеми.

Минералы горных пород

Минералогия, подобно петрографии, была одной из любимых наук Д. С. Белянкина. Он глубоко вник в нее еще в те годы, когда, будучи кандидатом химии, работал над переводом «Химической минералогии» Р. Браунса.

Подчеркивая тесную связь между минералогией и химией в своих «Минералогических заметках», Дмитрий Степанович писал, что «современная минералогия... независимо от пережитков терминологии» должна «не отгораживаться от химии, но работать в тесном контакте с ней во всех минералогических важных исследовательских ее начинаниях» [297]. Он боролся с устаревшими понятиями и энергично возражал против утверждения М. Н. Годлевского, считавшего минералогию наукой чисто геологической, которая «должна заниматься лишь фазами природных физико-химических систем» [519]. Такое «самоограничение минералогов», по выражению Белянкина, было для него неприемлемо; он расширил понятия о минералогии в соответствии с требованием современной жизни и распространил его и на искусственные тела.

В своем докладе на Юбилейной сессии в честь столетия со дня рождения В. В. Докучаева [374] Д. С. Белянкин сделал краткий обзор работ по минералогии глин, выполненных к тому времени. Он подчеркивал значительные трудности, которые вообще сопровождают изучение минералогического состава глин из-за их крайней дисперсности. Поэтому в прежнее время, когда в руках исследователя были только химический анализ и отчасти микроскопия, накопилось много недоуменных вопросов и утвердилось ошибочное представление о весьма разнообразном якобы составе глин и о многих отдельных и самостоятельных минералах, слагающих глины. Шагом вперед было введение термического анализа как специальной дополнительной методики. Его применение в конце прошлого века французским физико-химиком Ле Шателье принесло в то время необычный успех. В работе Ле Шателье «О конституции глин», опубликованной в 1887 г., на основании кривых нагревания были отчетливо разграничены все главнейшие минералы: каолинит, монтмориллонит, пирофиллит, аллофан и галлуазит.

В 30-х годах наметился особенно ощутимый перелом в изучении минералогии глин, когда стал применяться рентгеновский анализ. По-видимому, Росс и Керр были первы-

ми, кто использовал его в сочетании с химией и оптикой [684, 685]. Они показали, что из всего разнообразия минералов, призывавшихся ранее в каолиновых глинах, существуют действительно только три: каолинит, накрит и дикцит. Остальные представляют собой только каолинит, то более чистый, то более загрязненный примесями посторонних веществ.

В современных исследовательских работах по минералогии глин, кроме упоминавшихся химического, оптического, термического и рентгенографического анализов, нашла применение также электронная микроскопия, что позволило установить разницу между галлуазитом и каолинитом.

Комплексное изучение глин дало весьма ценное представление об их действительной природе; были установлены два главнейших типа минералов глин — каолиновый и монтмориллонитовый. В структурной схеме каолинита элементарный слоистый пакет состоит из одного тетраэдрического и одного октаэдрического слоя, а у монтмориллонита на один срединный октаэдрический слой приходится два крайних тетраэдрических слоя пакета. Слабая связь между отдельными пакетами монтмориллонита облегчает возможность появления здесь межпакетной добавочной воды и внепакетных обменных оснований: натрия, кальция и пр. Возникающие колебания расстояния между пакетами от 9 до 21 Å, приводящие к набуханию, и большая емкость катионного обмена (60—100 м-экв на 100 г вещества) резко отличают монтмориллонит от каолинита, у которого междупакетное расстояние постоянно (7,2 Å), а емкость обмена малая (3—15 м-экв).

Каолин

Немало внимания уделял Д. С. Белянкин с сотрудниками минералу каолину (по современной номенклатуре каолином называют глинистую породу, главная составляющая которой — минерал каолинит). Ряд публикаций Дмитрия Степановича был связан с интерпретацией превращений, происходящих в каолините при нагревании [203, 215, 375, 384, 423]. Такое внимание к высокотемпературным превращениям каолинита неудивительно, так как каолины — основное сырье для фарфоровой и керамической промышленности.

Начиная с работы Ле Шателье [673], интерпретации превращений каолинита к тому моменту, когда эта про-

блема привлекла внимание Д. С. Белянкина, было посвящено около двух десятков работ. Известно было, что на кривой дифференциального термического анализа (ДТА) каолинита, нагретого до 1200—1300°C, регистрируются следующие термические эффекты: эндотермический при 450—800°C (температура пика эффекта 550—600°C), экзотермический при 950—1050°C (температура пика 980°C) и небольшой экзотермический эффект при 1100—1250°C (температура пика 1150—1200°C). В отдельных случаях на кривых ДТА каолинита фиксировались экзотермический эффект при 50—250°C (для образцов с неупорядоченной кристаллической структурой), слабый эндотермический эффект при 850—950°C, небольшой экзотермический эффект при 1300—1400°C. Внимание исследователей было направлено главным образом на интерпретацию природы основных трех термических эффектов на кривой ДТА каолинита — 560, 980 и 1200°C.

Все были согласны с тем, что первый эндотермический эффект при 560°C связан с дегидратацией каолинита и что при температурах выше 800°C происходят структурные превращения. Дальше мнения исследователей расходились. По представлениям Ле Шателье и его последователей, достаточно широко распространенным в то время, дегидратация каолинита сопровождается распадом его кристаллической структуры и образованием окислов Al_2O_3 и SiO_2 ; при 980°C происходит кристаллизация Al_2O_3 в $\gamma-Al_2O_3$. Эта гипотеза доказывалась путем сравнения результатов избирательного растворения продукта дегидратации каолинита и продукта обжига механической смеси Al_2O_3 и SiO_2 . Гипотеза Ле Шателье была подвергнута критике чуть ли не с момента ее зарождения [656].

Позже, в 1922 г., П. А. Земятченский выдвинул другую гипотезу: об образовании безводного алюмосиликата при дегидратации каолинита, названного «метакаолипитом» по предложению П. П. Будникова. Эту гипотезу поддержал В. И. Вернадский.

Д. С. Белянкин, занявшись проблемой высокотемпературных превращений каолинита, в начале 30-х годов пришел к выводу, что если при дегидратации каолинита и образуется смесь окислов Al_2O_3 и SiO_2 , то она представляет собой не обычную механическую смесь, а смесь на почти молекулярном уровне [215]. Этот вывод в какой-то степени совпадает с точкой зрения Инслея и Юэлла. По Д. С. Белянкину, экзотермический эффект при 980°C связан с образованием муллита. Второй экзотермический эф-

фект при 1200—1300°C был приписан кристаллизации кристобалита.

Вторая крупная работа Д. С. Белянкина (с К. М. Феодотьевым) [375], посвященная превращениям каолинита, была как бы ответом на большую и обстоятельную статью А. Я. Сальдау и др. Авторы этой статьи на большом экспериментальном материале старались доказать, что при дегидратации каолинита образуется полуаморфное соединение с определенным химическим составом — метакаолинит, который в интервале экзотермического эффекта (980°C) распадается на окислы с одновременной кристаллизацией γ - Al_2O_3 . В области второго экзотермического эффекта идет образование муллита за счет взаимодействия образовавшихся окислов — SiO_2 и Al_2O_3 .

В своей работе Д. С. Белянкин пришел к выводу, что дегидратированный каолинит — это не что иное, как один из членов непрерывного химического ряда аллофаноидов с переменным отношением $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$. Только в этом смысле можно согласиться с гипотезой образования метакаолинита, рассматривая его как соединение переменного состава. Другими словами, Д. С. Белянкин вернулся к старой идее Я. В. Самойлова, который методами термического анализа показал идентичность между кривыми ДТА обезвоженного каолинита и обезвоженного аллофана. Интерпретация остальных термических эффектов во второй работе осталась прежней.

Если рассматривать современное состояние вопроса о высокотемпературных превращениях каолинита, то можно убедиться, что и до настоящего времени нет полной ясности в этом вопросе. Известно, что в равновесных условиях каолинит переходит в ассоциацию муллита + SiO_2 при температуре 575°C [686]. В неравновесных условиях при низких парциальных давлениях H_2O по сравнению с равновесными давлениями прямой переход каолинита в ассоциацию муллита + SiO_2 невозможен из-за высокого энергетического барьера, разделяющего эти состояния [594]. Переход осуществляется через ряд метастабильных состояний с более низкими энергетическими барьерами. При дегидратации каолинита, протекающей по топотаксическому механизму [697], наблюдается разрушение алюмоокислородных октаэдрических слоев, кремнекислородные тетраэдрические слои остаются неизменными. Координация Al меняется с 6 на 4. Образовавшееся метастабильное соединение (метакаолинит) имеет определенный химический состав и определенную кристаллическую структуру. Эти

факты были установлены рядом методов — рентгеновским, ИКС, рентгеноспектральным, ЯМР, термохимическим, термодинамическим и т. д.

Метакаолинит существует примерно до 850—900° С. При более высоких температурах наблюдается его распад и образование промежуточного метастабильного соединения Al-Si-шпинели, зародышей муллита и аморфной силикатной фазы. Чем выше степень упорядоченности каолинита, крупнее частицы, выше парциальное давление H₂O и выше содержание примесей В₂О₃, LiF, AlF₃ и т. д., тем легче происходит образование зародышей муллита в области экзотермического эффекта при 980° С. Однако, каким процессом непосредственно вызван этот эффект, сказать затруднительно. Возможно, это образование Al-Si-шпинели [654, 665], а возможно, указанные выше процессы вносят свой вклад в экзотермический эффект [594]. Справедливости ради следует отметить, что не все исследователи до настоящего времени принимают концепцию образования Al-Si-шпинели. Это связано с тем, что рентгеновским методом очень трудно отличить Al-Si-шпинель от γ-Al₂O₃; разница в межплоскостных расстояниях заключается в нескольких тысячных ангстрема, но все же гипотеза Al-Si-шпинели поддерживается большим числом исследователей как более логичная и более просто объясняющая большее число известных экспериментальных фактов.

Второй экзотермический эффект по существующей интерпретации связан с процессом роста кристаллов муллита [654, 665].

Монтмориллонит

Монтмориллонит, будучи существенной составной частью многих глин, подобно каолину, обуславливает их особые свойства, и прежде всего поглонительную способность. Более 90 лет назад, изучая кривую нагревания минерала из местечка Монтмориллон во Франции, Ле Шателье установил на ней три эндотермические остановки: при 150, 770 и 950° С. Позже Е. Орсель и С. Кайер [679], пользуясь дифференциальным методом термического анализа, внесли некоторые поправки к результатам Ле Шателье: они определили остановки при 150, 720 и 820° С. Д. С. Белянкин и В. П. Иванова предприняли детальное термическое исследование монтмориллонитовых глин нескольких месторождений СССР (Аскана и Кубулет, Гру-

зия; Ганджа, Азербайджан; Курцы, Крым) [238]. По их определениям, температуры второй остановки оказались приблизительно на 100°C ниже, чем у Е. Орсея и С. Кайер. Большой научный интерес вызывала интерпретация всех этих трех термических эффектов. Французские авторы объясняли первую остановку выделением адсорбированной, механически связанной воды (15—20%), а вторую и третью — освобождением конституционной воды (5—8%). У. Гофман, К. Эндель и Д. Вильм [667] на основании рентгенограмм необожженного монтмориллонита и продуктов его обезвоживания при разных температурах присоединились к мнению французских авторов. Они приписали адсорбционной воде ($h - 1$ моль H_2O) межпакетное положение в кристаллической решетке минералов, а конституционная вода (1 моль, отвечающая 5% H_2O), по их мнению, содержится в пакетах; после ее удаления монтмориллонит приобретает строение пиррофиллита. При такой интерпретации кривой нагревания монтмориллонита становилось непонятно, почему же удаление конституционной воды происходит при двух остановках?

Чтобы это выяснить, Д. С. Белянкин предпринял проверочные исследования при помощи термического и рентгеновского анализов и оптической микроскопии отечественных монтмориллонитовых глин и пиррофиллитов при различных условиях тепловой обработки. В результате этих работ остановки на кривой нагревания монтмориллонита объяснялись так: 1) выделение адсорбционной воды, 2) освобождение конституционной воды, 3) разрушение решетки монтмориллонита и его аморфизация. Дальнейший ровный ход кривой нагревания характеризует постепенную кристаллизацию из аморфного вещества новой минералогической фазы и постепенное укрупнение ее кристаллов.

В последние годы жизни Д. С. Белянкин вновь проявил интерес к монтмориллонитовым глинам. В совместной статье с В. П. Петровым он описал минералогию и петрографию асканских глин [425]. Эти глины залегают в виде небольших линз среди андезито-трахитовых туфовых пород, состоящих преимущественно из пемзового материала, в котором невооруженным глазом можно распознать порфирировидные вкрапленники плагиоклаза и биотита [597].

На месторождении находятся два типа местных глин, выделенных А. А. Твалчрелидзе: а) дающих с водой весьма устойчивую суспензию — аскангель (щелочная монт-

мориллонитовая глина), б) размокающих в воде, но падающих суспензии — асканглина (щелочноземельная глина) [606].

Термический анализ образцов аскангеля и асканглины подтвердил эти данные. На кривой асканглины присутствовала слабая каолининовая экзотермическая остановка, которой нет на термограмме аскангеля. Д. С. Белянкин и В. П. Петров пишут, что пока нет достаточных данных, чтобы совершенно определенно высказаться в пользу той или иной гипотезы происхождения асканских глин, но более вероятным является предположение М. Л. Роквы, который считает, что они возникли в результате поверхностного выветривания туфов под влиянием атмосферных воздействий [597].

Монотермит

Летом 1931 г. научный сотрудник Государственного исследовательского керамического института И. Б. Калер обратилась за консультацией к Д. С. Белянкину по поводу не вполне ясной микроскопии образцов часовъярской глины [147, 239, 295]. Она не встретила в них настоящего типичного каолина. Изучаемые препараты глины почти целиком состояли из некоего своеобразного чешуйчатого минерала. Светопреломление его было очень близко к светопреломлению каолина, но зато двупреломление оказалось весьма большим: около 0,03, т. е. почти как у мусковита. Погасание у него прямое или почти прямое, тоже как у мусковита. Этот загадочный минералогический случай весьма заинтересовал Д. С. Белянкина.

Осенью того же года независимо от Д. С. Белянкина часовъярскую глину изучал научный сотрудник Ленинградского завода оптического стекла К. Г. Куманин [547]. При исследовании им часовъярской глины термическим методом на кривой отчетливо вырисовывалась нижняя эндотермическая остановка, соответствующая приблизительно таковой же у каолина: верхний экзотермический каолиновый эффект здесь полностью отсутствовал. Термические исследования, проведенные по просьбе Д. С. Белянкина, подтвердили результаты К. Г. Куманина. Светопреломление этого минерала оказалось равным $1,55 \pm 0,01$, а двупреломление — приблизительно как у мусковита. Часовъярский минерал был назван «монотермитом», однако природа этого минерала оказалась неясной, и споры о его характере продолжаются до сих пор.

В 1937 г. Р. Е. Грим и сотрудники опубликовали статью о слюде в глинах [666]. Грим ввел в литературу термин «иллит» для названия исследованного им аутигенного слюдистого минерала некоторых иллинойских глин и почв. Согласно Р. Е. Гриму, иллит близок мусковиту, несколько отличается от него: иллит имеет повышенное количество SiO_2 и H_2O , пониженное — K_2O , очень малый угол оптических осей ($2V$) — около 5° ; в пределах $25\text{—}200^\circ\text{C}$ у него быстрее нарастает светопреломление, чем у порошкообразного мусковита. В 1937 г. в Москве на XVII Международном геологическом конгрессе Д. С. Белянкин и Р. Е. Грим беседовали о природе иллита и монотермита [295]. В апреле 1939 г. Р. Е. Грим выслал из Урбаны письмо Д. С. Белянкину такого содержания: «...благодарю Вас за присылку мне оттисков Вашей статьи о монотермите. Материал, описываемый Вами в этой статье, совершенно сходен с тем минералом из группы глин, который мы описали в 1937 г. в „*Amer. Mineralog.*” под именем иллита. Мы предложили термин иллит в качестве общего наименования для группы минералов глин, принадлежащих к семейству слюд, но не совершенно тождественных с мусковитом». По мнению американского исследователя, монотермит должен принадлежать к группе слюд, а не к группе каолина. Д. С. Белянкин, однако, отмечает переходный характер монотермита от каолина к мусковиту и считает, что в соответствии с его свойствами он должен находиться среди каолинов. Дальнейшие работы Дмитрия Степановича совместно с Л. М. Куприяновой и Г. Б. Пригожиной по сопоставлению химических анализов иллита и монотермита позволили подтвердить существенные черты их различия и большую самостоятельность монотермита как переходного минерала от каолина к слюдам, тогда как иллит представляет собой предельно дисперсную слюду.

Уже упоминалось о том, что Д. С. Белянкин выступал с докладом о минералогии глин на Юбилейной сессии по поводу столетия со дня рождения В. В. Докучаева [374] в 1946 г. Там же он остановился коротко на монотермите. В дополнение к изложенному ранее об этом минерале он указал на новые исследования Е. В. Рожковой и А. Н. Ляминой, которые определили его как тончайшую смесь каолинита и мусковита. «Конечно, это не окончательно, но во всяком случае после предварительного нагревания до 600°C , аморфизировавшего каолинитовую его часть, он дал якобы характерную рентгенограмму мусковита. В ка-

честве примера отметим, что на кривой нагревания иллита, как она приводится у Грима, мы различаем эндотермику при 850° , отвечающую мусковиту, и одновременно эндотермику при 560° и экзотермику при 925° , как у каолинита».

Приблизительно через три года после этого доклада Д. С. Белянкина была напечатана статья И. Д. Седлецкого о рентгенографическом исследовании монотермита [599]. По Седлецкому, монотермит является оригинальным минералом или группой минералов, занимающих промежуточное положение между мусковитом и каолинитом. Рентгенограмма монотермита не содержит многих линий иллита; рентгенограмма последнего близка к типовой мусковита, но отличается от монотермитовой.

Дискуссия о природе монотермита продолжается до сих пор. Прежде всего удалось показать, что монотермит является широко распространенным минералом [588, 593, 600], одной из важнейших особенностей которого являются его физические свойства, прежде всего очень высокая пластичность. Она много выше, чем пластичность каолиновых глин, и, конечно, выше, чем любые иллитовые глины. Исследование под электронным микроскопом позволило выделить из этих глин только четкие слюдистые частицы, что, однако, не может объяснить всех особенностей монотермита.

Сейчас, когда среди глин показано широкое развитие различных смешаннослойных сростаний, наиболее обоснованным предположением является представление о том, что монотермит следует рассматривать как смешаннослойные каолинит-монтмориллонитовые глины. Такое предположение наилучшим образом объясняет свойства монотермитовых глин, их химизм и вполне может быть связано с условиями их образования.

Бокситы

Осенью 1934 г. Д. С. Белянкин организовал минералогические исследования уральских бокситов месторождений «Красная Шапочка» и Соколовского, наиболее интересных в технологическом отношении. В то время отсутствовали какие-либо данные об этих бокситах. Для участия в работе были привлечены химики-аналитики (В. А. Егоров, М. М. Стукалова), а также специалисты по микроскопии (Б. В. Иванов, В. В. Лапин), термическому анализу (К. М. Феодотьев) и рентгенографии (Ковалев). Бокситы,

как известно, применяются в ряде отраслей промышленности: производстве алюминия, искусственного корунда, а также как сырье для получения глиноземистого цемента и высокоогнеупорных изделий [474, 578, 581].

Среди палеозойских бокситов «Красной Шапочки» изучались три образца: а) плитняково-яшмовидный, б) оолитовый красный рыхлый, в) оолитовый плотный. Соколовские бокситы — мезозойские, среди них различаются каменистые и рыхлые; вмещают боксит глинистые породы. В составе всех бокситов фиксированы гидраргиллит, гематит и следы diaspora.

Подводя итоги химико-минералогическому изучению уральских бокситов, Д. С. Белянкин, Б. В. Иванов и В. В. Лапин [225] писали, что бокситы «Красной Шапочки» характеризуются гематит-диаспоровым («бемитовым»), а соколовские — гематит-гидраргиллитовым составом; кроме кристаллических фаз, они содержат также и гели.

В годы войны весьма перспективным высокоглиноземистым сырьем считались глины Кызылсая, открытые А. А. Петренко в 1932 г. В 1933 г. А. Л. Яншин и П. Л. Безруков закартировали эти глины; по просьбе А. Л. Яншина Д. С. Белянкин провел исследования этих глин [365]. Оказалось, что это не бокситы, а почти исключительно высокоглиноземистые глины [492, 596].

Огнеупорные глины

Отечественная война и перебазирование советских промышленных предприятий на восток страны заставили искать новые источники сырья в восточных и среднеазиатских районах. Временная оккупация Украины лишила промышленность огнеупорных глин, поэтому особое внимание, естественно, было обращено прежде всего на уральские глины, отдельные месторождения которых были изучены еще до войны. К их числу принадлежали, например, Белкинское и Трой-Байновское [481]. Кроме того, необходимо было провести ревизию всех известных точек, где указывались ранее огнеупорные глины, и выбрать из них наиболее перспективные для промышленности. Анализ имеющихся материалов показал, что в геологической истории Урала были два этапа глинообразования — меловой, когда формировались глины на Северном и отчасти на Среднем Урале, и третичный, когда отлагались глины на Южном Урале.

Средой глинообразования в меловой период были, видимо, небольшие пресноводные водоемы, которые часто располагаются в карстовых пустотах среди палеозойских пород, реже это крупные озера на поверхности коры выветривания. Крупные водоемы были главным образом на Северном Урале. Таково, в частности, Белкинское месторождение, расположенное к западу от г. Серова, и Денежкинское — к северу от этого города. Глины во всех меловых месторождениях каолиновые, малопластичные, иногда содержат примесь минералов свободного глинозема. Лучшие разности глин залегают в центре залежи.

В мелких залежах, таких, как в районе пос. Курьи, где глина залегает в карстовой полости, в низах залежи накапливаются «беляки» — своеобразная кремневая брекчия, которая образовалась в результате обваливания в карстовую полость известняков, окремненных вследствие выветривания. На поверхности беляков залегают такие же глины, как на севере, — малопластичные, иногда высокоглиноземистые.

Глины юга Урала третичные «монотермитовые», относительно малоглиноземистые, но высокопластичные. Озера здесь располагались по границам Урала и Западно-Сибирской низменности и полосой протягивались от Челябинска вплоть до Орска. Лучшие глины отлагались в серии мелких озер, непосредственно прилегавших к Челябинску. Особенно хорошие глины добывались в окрестностях сел Смолино и Синеглазово и несколько южнее. Сейчас эти залежи глин или полностью выработаны, или вошли в пределы г. Челябинска, или засыпаны отвалами угледобычи. Уже во время войны главная добыча глин велась в более южном Увельском месторождении. Сейчас же главным поставщиком глины являются Берлинское и Бускульское месторождения, представляющие осадки крупных озер.

Кроме главной массы глин, располагающихся на восточном склоне Урала, на западном склоне в пределах Башкирии и на севере в Пермском Приуралье также в мелу и в третичное время имелись мелкие озера, в которых отлагалась глина. На севере западного склона качество глин часто было довольно хорошим, однако размеры месторождения были невелики. Башкирские глины по своему качеству напоминают восточные южноуральские. Это монотермитовые глины, но, как правило, значительно более запесоченные, чем глины востока. Первые исследования, которые сводились к изучению отдельных образцов глин,

полученных со всего Урала, были опубликованы Д. С. Белянкиным в 1942 г. [293], но уже в 1941 и 1942 гг. можно было рекомендовать промышленности некоторые места закладки карьеров.

Еще одно направление исследований глин велось Д. С. Белянкиным и под его руководством в военные годы на Урале. До войны народное хозяйство снабжалось каолином только с украинских месторождений. На Урале было разведано лишь Еленинское месторождение близ Магнитогорска, на котором развернули оборудование завода сухого обогащения каолина, эвакуированного с Глуховецкого завода. Второй украинский завод был завезен в г. Кыштым. Только позднее здесь нашли месторождение первичного каолина, а потом соорудили завод мокрого обогащения. Необходимо было изучать каолиновые месторождения и в других районах.

В процессе этих исследований было выявлено широкое распространение древних кор выветривания. Сейчас Урал является важным поставщиком как огнеупорных глин, так и каолина. В развитие каолиновой и огнеупорной промышленности Урала значительный вклад внес Д. С. Белянкин.

Кристаллит

В дацитовой породе с перевала Штулу-Вцек на Центральном Кавказе, образцы которой были собраны еще в 1914 г. П. В. Виттенбургом, Д. С. Белянкин определил кристаллит, который ранее на Кавказе не встречался [63]. В 1878 г. в описаниях андезитов Кавказа, сделанных А. Е. Лагорио, упоминается тридимит [550]. Вообще первые указания на существование в природе кристаллита относятся к 80-м годам прошлого века и принадлежат Г. Роту [686], а первая кристаллитсодержащая порода в США была изучена А. Ф. Роджерсом лишь в 1918 г. [682].

Принимая во внимание, что в те годы, когда А. Е. Лагорио производил исследование, кристаллит еще не был вообще известен, и поскольку в горных породах он обыкновенно образует такие же тонкокристаллические агрегаты, имеющие столь же слабое светопреломление и двупреломление, как и тридимит, то возникает сомнение, не был ли в руках исследователя именно кристаллит, а не тридимит, говорил Д. С. Белянкин. Характерно, что микрофотографии «тридимита», приводимые в «Микроскопиче-

ской физиографии минералов и пород» Вюльфинга—Розенбуша, например тридимит из Эквадора, напоминает скорее кристобалит, чем тридимит [683].

В дацитовой породе перевала Штулу-Вцек, согласно Д. С. Белянкину, кристобалит содержится в довольно больших количествах. Его выделения отчасти приурочены к выделениям кальцита, но главным образом они самостоятельны. Кристобалиту свойственно часто характерное двойникование и черепитчатое сложение, что наблюдается в искусственном кристобалите динасовых кирпичей [71, 662, 668, 678]. Еще в 1926 г. в андезите из ущелья Девдоракского ледника Д. С. Белянкин как большую редкость описал выделения кристобалита, заполняющего мелкие пустоты и образующего включения в основной массе породы и во вкрапленниках лабрадора. Впоследствии этот минерал был указан и в других районах. Но еще в 1934 г. Д. С. Белянкин высказывал сожаление по поводу продолжающегося невнимания к природному кристобалиту со стороны большинства петрографов [181, 571].

Чтобы подчеркнуть распространенность кристобалита в природе, Д. С. Белянкин совместно с В. П. Петровым в 1935 г. дали сводку [321] всех известных находок кристобалита и тридимита и добавили ряд новых наблюдений. Составленная ими карта содержала более 20 точек, где встречаются кристобалит и тридимит. Самой интересной среди них была находка кристобалита в районе с. Наманеви в Раче (Грузия), где кристобалит под влиянием базальтового потока выделился среди кварцево-глинистого песчаника. Так как глина не была изменена, то стало ясно, что этот кристобалит низкотемпературный. Это была первая находка природного низкотемпературного кристобалита, который, как оказалось впоследствии, распространен довольно широко и встречается в опалах [667, 675] и в глинах [667]. Во всех случаях, так же как и в американском примере базальта из Спокена в штате Вашингтон [690, 691], кристобалит и тридимит наблюдаются в пустотах и явно кристаллизовались уже после отвердевания породы из газовой фазы.

Конечно, опубликованная в этой сводке карта оказалась весьма неполной. Кристобалитсодержащие породы описаны из лав со склонов вулкана Арагац [556] и здесь же в туфовых лавах Артика [536]; кристобалит встречен в лавах Южной Осетии, около Цхинвали [537]. Е. К. Устиев обнаружил его и тридимит в дацитах Кельского плато [609, 562, 568] (Грузия), а также на Ахманганском

хребте и в других окрестностях оз. Севан [548]. Кристобалитсодержащие лавы описаны в Прикарпатье и Забайкалье, в Приморье и особенно во многих местах Камчатки.

Все это полностью подтверждает прогноз Д. С. Белянкина, который еще в начале 30-х годов писал [211], что представление о редкости кристобалита в магматических породах кажется ему совершенно неправильным, так как его кавказский и закавказский опыт говорит обратное, и что в новейших андезито-дацитовых лавах кристобалит встречается часто и почти постоянно участвует в составе этих пород. Весь современный опыт убеждает нас, что кристобалит и тридимит кристаллизуются в метастабильных условиях при относительно низких температурах, о чем до работ Д. С. Белянкина не указывалось.

Вишневит

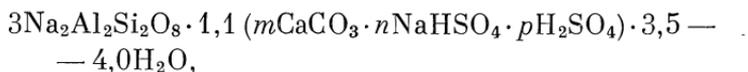
Канкринит представляет собой исключительно интересный минерал. Он состоит в основном из двух частей: натрового силиката, богатого глиноземом (его грубо можно рассматривать как натровый аналог нефелина), и продукта присоединения. В собственно канкрините таким продуктом присоединения является углекислый кальций. Присоединенная частица связана с силикатной частью кристалла не очень прочно; такой минерал может кристаллизоваться только в условиях относительно низких температур и избытка щелочей кальция и углекислоты. В результате канкринит, хотя и не может считаться редким минералом, все же встречается далеко не часто.

Еще одна особенность канкринита: если в среде его кристаллизации нет избыточного кальция и углекислоты, а есть другие относительно легко растворимые соли, то в решетку вместе с силикатной частью могут входить именно эти соли. Это могут быть Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , NaHSO_4 , Na_2S и некоторые другие.

В 1916 г. Э. С. Ларсен и Г. Штайгер [672] описали из Колорадо (США) канкринит, в котором часть CaCO_3 замещена Na_2SO_4 , и назвали его «сульфатным канкринитом». Изучая пегматиты Вишневых гор, Д. С. Белянкин нашел минерал, где почти вся присоединенная к силикату часть представлена серноокислым натрием; это был явно новый минерал, который Д. С. Белянкин предложил назвать вишневитом. Впрочем, название это утвердилось не сразу.

История этого открытия вкратце следующая. В «Записках Минералогического общества» в 1929 г. А. Н. Заварицкий описал бледно-голубой фельдшпатитовый минерал из миасскитовых пегматитов Ильменских гор. Он пришел к заключению, что по внешним признакам и химическому составу этот минерал тождествен «канкриниту» [534]. Тождество подразумевалось не в современном понятии слова канкринит, а с тем первоначальным «канкринитом», который более 100 лет назад открыл Г. Менге в Ильменских горах, но был определен и назван Кеммерером [130]. Существенный признак канкринита Менге—Кеммерера — это содержание в нем серы. Г. Розе не нашел его в Ильменских горах; он высказал предположение, что Кеммерер имел дело просто с содалитом, и предложил присвоить название «канкринит» другому ильменскому силикатному минералу, содержащему CO_2 вместо S, за которым такое название и сохранилось. А. А. Казакова и А. Н. Заварицкий в 1929 г. как бы вновь открыли канкринит Менге—Кеммерера. А. А. Казакова определила в голубом минерале серу. В отличие от канкринита, названного так в свое время Г. Розе, А. Н. Заварицкий дал минералу название «сульфатный канкринит».

Согласно А. Н. Заварицкому, сульфатный канкринит принадлежит к минералам вторичным в теле миасскитового пегматита; он развивается здесь обычно метасоматически, подобно содалиту и канкриниту, за счет элеолита. А. Н. Заварицкий на основании химических анализов двух образцов сульфатного канкринита путем пересчетов получил следующую приблизительную формулу минерала:



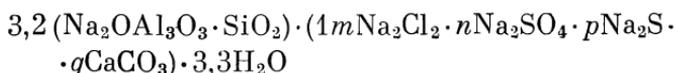
где $m + n + p = 1$, а отношение $m : n : p = 20 : 44 : 36$ в одном анализе и $20 : 30 : 46$ — во втором.

Причиной открытия сульфатного канкринита в Ильменских горах оказались разведочные работы, проводившиеся в те годы на керамический полевой шпат. Такие же разведки велись в 30-х годах и среди миасскитов Вишневых гор. Ильменские горы на юге и Вишневые на севере — это концы приблизительно меридиональной щелочной полосы Миасс—Кыштым—Касли на Среднем Урале.

В 1931 г. Д. С. Белянкин получил весьма богатый минералогический материал с разведочных работ на севере этой полосы, особенно полевые шпаты Курочкина Лога,

открытого в 1926 г. и оказавшегося одним из интересных месторождений по обилию и разнообразию минералов. Нашелся здесь и голубой фельдшпатитовый минерал — «сульфатный канкринит» А. Н. Заварицкого. Его микроскопические и химические исследования дали основания Д. С. Белянкину не только отождествить этот минерал с минералом А. Н. Заварицкого, но и отнестись с критикой как к химической формуле, так и к названию, предложенному самим А. Н. Заварицким. В обоих случаях изучавшийся материал оказался не вполне мономинеральным: в ильменском образце в виде примеси находились натролит и канкринит, в вишневогорском — сколецит и гидрагиллит.

После детального пересчета химического анализа вишневогорского образца на минералогический состав были получены следующие результаты: сульфатного канкринита 89%, сколецита 8,6%, гидрагиллита 2,4%. Химическая формула сульфатного канкринита оказалась следующей:



при $m : n : p : q = 1,5 : 79 : 12 : 7,5$.

Как видно, она отличается от формулы, рассчитанной А. Н. Заварицким.

Приводя химические анализы сульфатных канкринитов разных месторождений (в Колорадо, Шотландии, Ильменских и Вишневых горах), Д. С. Белянкин подчеркивает, что в уральском канкрините Na_2SO_4 сильно преобладает над CaCO_3 . Он пишет, что «мы имеем здесь дело отнюдь не с канкринитом, хотя и сульфатным, но с явно новым минералом, для которого мы предложили название „вишневит“». В идеально чистом виде минерал вишневит должен иметь состав: $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{SiO}_8 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (молекула вишневита). Практически он имеет еще примесь канкринитовой молекулы $3\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в твердом его растворе.

Рассматривая изучаемые минералы как твердые растворы, Д. С. Белянкин отмечает, что полной изоморфной смеси между канкринитом и вишневитом нет. Если вишневит легко растворяет в себе канкринит, то последний, наоборот, не склонен воспринимать в себя молекулу вишневита. Отсутствию полного изоморфизма между ними отвечает и наблюдавшаяся Белянкиным тонкая двойниковая решетка микроклинового типа у вишневогорского ми-

нерала (полиморфизм или по крайней мере полисимметрия). Весь изученный материал свидетельствует о том, что во многих описанных случаях сульфатный канкринит следует относить к вишневиту.

Несколько замечаний об общепетрографических работах Д. С. Белянкина

Классические общепетрографические работы Д. С. Белянкина могут служить примером рационального использования материала, получаемого в процессе исследования.

Прежде всего следует отметить большую точность его исследований: никакие данные не принимались «на веру». Характерны точнейшие определения констант и обязательный комплексный подход. Определение химизма минералов и горных пород всегда велось с точнейшей проверкой чистоты. Если в том или ином случае не удавалось получить для анализа уверенно мономинеральный материал, то чистота анализированного продукта проверялась другими методами и в анализ вводились соответствующие поправки, причем везде учитывались точность работы и пределы ошибок. Характерно широкое использование новых в те годы методов — рентгена и термического анализа.

Особенностью работ Д. С. Белянкина являлось четкое отличие полученных в результате исследования бесспорных фактов от их интерпретации. В работах Д. С. Белянкина интерпретация иногда бывала очень смелой, но всегда с достаточной степенью достоверности. В них на первое место ставились геологические взаимоотношения пород и петрографические данные, получаемые в результате лабораторного исследования; эти данные теснейшим образом увязывались с полевыми зарисовками и взаимоотношением пород. Полевые и лабораторные результаты согласовывались с физико-химическими данными.

Большая точность полевых и лабораторных исследований, тщательный поиск контактов и отдельных взаимоотношений пород, неоднократная проверка всех констант создавали у Д. С. Белянкина большую уверенность в полученных результатах, и на этом основании он делал важные выводы, которые зачастую шли в прямые противоречия с существующими в то время общепринятыми взглядами. Надо сказать, что прогнозы Д. С. Белянкина впоследствии полностью подтверждались.

Так, в частности, было с полевыми шпатами, о которых Д. С. Белянкин в течение сорока лет вопреки существовавшим представлениям утверждал, что их оптические свойства меняются не только в связи с изменениями химического состава, но и в связи с условиями залегания. Только после смерти Дмитрия Степановича этот факт получил подтверждение: обнаружилось явление упорядочения и изменения свойств и симметрии в зависимости от упорядочения независимо от состава.

В качестве примера, подтверждающего прогнозы Белянкина, можно привести также условия нахождения кристобалита и тридимита, где Д. С. Белянкин обоснованно усомнился в справедливости диаграммы состояния кремнекислоты и предположил низкотемпературную кристаллизацию этих «высокотемпературных» минералов, что в конечном итоге полностью подтвердилось.

Особенностью работ Д. С. Белянкина является их практическая направленность. Если из исследований можно было сделать хотя бы какой-либо практический вывод, то Д. С. Белянкин этот вывод обязательно делал и подчеркивал его значимость.

Петрография технического камня

Ранее отмечалось, что Д. С. Белянкин уже в начальную пору своих петрографических исследований особенно интересовался закономерностями поведения магматических расплавов, процессами дифференциации магм, кристаллизация которых отражается в магматических минеральных ассоциациях, а также фазовыми равновесиями в системах, приближающихся к природным; его внимание привлекали и процессы контактного метаморфизма. Все это обусловило повышенный интерес Дмитрия Степановича к экспериментальным исследованиям физико-химических образований, важным для минералогии и петрографии, а также к искусственным породам в технике и к структурам технического камня. Известно, что Д. С. Белянкин является основоположником петрографии технического камня [461, 476, 477, 495—497, 553, 604 и др.].

Начиная с 1921 г., когда вышла в свет первая статья Д. С. Белянкина по технической петрографии [60], и вплоть до 1953 г. им было опубликовано 164 работы по петрографии технического камня, что составляет почти половину всех опубликованных им научных работ и свиде-

тельствует об особом внимании его к созданию и развитию новой ветви петрографической науки — технической петрографии.

Следует учесть, что в середине 20-х—начале 30-х годов изучение диаграмм состояния силикатных и окисных систем не получило еще такого значительного развития, как в настоящее время [640]. В связи с этим вполне понятен интерес, возникший у Дмитрия Степановича к минералого-петрографическому изучению технического камня. Напомним, что Ф. Ю. Левинсон-Лессинг во «Введении в историю петрографии» [567] отмечал возможность рассматривать техническую петрографию как своего рода ветвь экспериментальной петрографии, считая, что данные по равновесиям, возникающим в заводских процессах, могут проливать свет и на некоторые естественные процессы в области магматических пород, подобно тому как это наблюдается при специально поставленных экспериментах по изучению равновесий в физико-химических системах [552].

Д. С. Белянкин отмечал, что к началу 30-х годов контуры советской петрографии технических продуктов опре-

Таблица 1. Природные и технические породы [143]

Петрографические, генетические и структурные типы	Примеры из техники
Изверженные горные породы	Стекло, металлургические шлаки, шмельц-цемент, плавленый корунд, шпинели и пр.
Метаморфические горные породы	Динас, шамот, цементный клинкер, фарфор
Осадочные породы	Бетон, цементные растворы разного рода, силикатный кирпич и пр.
Контактные образования	Зоны отработанного динаса, защитные корки шамота
Пневматолитические тела	Новообразования на стеклах и на кирпичах регенеративных камер металлургических и стекловаренных печей
Включения	«Камши» в стекле
Специальные магматические структуры	Стекло, сферолиты, флюктуационные структуры, частично зарухшие стекла, полосатый динас

делились уже настолько, что в марте 1932 г. позволили ему выступить с докладом в геологической группе Академии наук СССР о петрографии технического камня. Он определяет ее как специальную ветвь общей петрографии, как учение об искусственных технических каменных породах, параллельных с главнейшими группировками естественных пород — магматических, осадочных и метаморфических [299]. Многие явления из ее области так же хорошо воспроизводят или моделируют природные петрографические процессы, как и специально поставленный эксперимент (табл. 1).

В статье 1942 г. [298] Д. С. Белянкин сопоставляет физико-технические типы горных пород и технического камня в зависимости от условий их образования (давление и температура) (табл. 2).

Таблица 2. Физико-генетические типы каменных пород

Давление	Температура	Породы
Низкое	Низкая	Осадочные и часть технических (затворенный цемент, бетон и пр.)
Высокое	Умеренная	Метаморфические и пегматиты
	» Высокая	Интрузивные и часть метаморфических
Низкое	Очень высокая	Эффузии, лавы
	» Крайне высокая	Большинство технических пород

Д. С. Белянкин считал, что некоторые явления из области технической петрографии так же хорошо воспроизводят или моделируют природные петрографические процессы, как и эксперименты, специально поставленные с этой целью.

В 1941 г. [281] Дмитрий Степанович отмечал, что контакты технической петрографии с петрографией естественных пород носят и практический характер, поскольку петрографы, занимающиеся техническими продуктами, неизбежно сталкиваются с необходимостью изучения природного сырья, используемого в промышленности. В частности, в довоенные годы под руководством Д. С. Белянкина изучались, например, такие разновидности сырья, как кварциты (для динаса), полевые шпаты (для керамики), различные глины (для керамики и огнеупоров), карбонат-

ные породы (доломиты, известняки как наполнители в бетоне).

Следует отметить, что минералого-петрографические исследования технического сырья всегда имели практическую направленность наряду с научной. Например, некоторые уральские породы (лестивариты, кварцевые порфиры и др.) предлагались в качестве заменителей керамических полевых шпатов; разрабатывались методы микроскопического определения качества сырья для производства керамики и огнеупоров и т. д. Особо можно отметить методику [269] быстрой оценки под микроскопом минерального состава и структуры карбонатных пород Самарской Луки в аншлифах в отраженном свете для решения вопроса о пригодности доломитизированных известняков и доломитов в бетоне плотины Куйбышевского гидроузла. Практическая направленность не только сохранилась, но и в значительной мере усилилась в специальном отделе неметаллических полезных ископаемых, созданном в ИГЕМе АН СССР по инициативе Белянкина. Руководителем этого отдела является В. П. Петров, работающий со своими сотрудниками в тесном и очень эффективном контакте с производственными геологическими и технологическими организациями.

Главными целями и задачами технической петрографии Д. С. Белянкин считал все же изучение минералогии и петрографии самих продуктов промышленности. Его целью было совершенствование технологии производства, а также проведение некоторых параллелей между техническими и природными образованиями, которые с успехом могут служить для выяснения тех или иных вопросов петрографической теории: петрогенезиса, химических и структурных особенностей пород, явлений метаморфизма и т. д. [210].

Не следует, разумеется, думать, что это новое направление в петрографии возникло на пустом месте. Задолго до его рождения как научной дисциплины в специальной печати время от времени появлялись отдельные публикации об исследованиях, связанных с заводскими технологическими процессами. Эти публикации были вызваны спорадически возникавшим у различных ученых интересом к некоторым видам технического камня без объединения их какой-либо системой или общей идеей [334, 403, 510, 526, 527, 532, 540, 542, 544, 603, 699].

Свою деятельность в области технической петрографии Д. С. Белянкин начал с объединения специалистов раз-

личных отраслей знания и техники (петрографов, физико-химиков, технологов, экспериментаторов) путем созыва совещаний. Их цель — ознакомиться с исследованиями в области экспериментальной и технической минералогии и петрографии, которые проводились в различных лабораториях, обсудить их результаты и наметить тематику дальнейших исследований. Так, с 1934 по 1978 г. было проведено всего десять совещаний. В результате было опубликовано значительное число докладов по технической петрографии.

Как положительное явление нельзя не отметить, что на ряде совещаний (1, 3, 4, 7, 9, 10-м) в работе Секции по технической петрографии и минералогии в качестве докладчиков выступали представители 11 заводов. Это отражает непосредственные связи научных организаций с производственными. Председателями первого совещания были Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и Д. С. Белянкин, второго, третьего и четвертого — Д. С. Белянкин, начиная с пятого по десятое совещаниями руководил Д. С. Коржинский, а его заместителем являлся В. А. Жариков.

Во вступлении к трудам четвертого совещания Д. С. Белянкин писал о необходимости создания при Академии наук СССР постоянно действующей комиссии из представителей главнейших лабораторий. Это пожелание получило положительное решение созданием постоянно действующей Комиссии по экспериментальной и технической минералогии и петрографии при Всесоюзном минералогическом обществе.

Уже на первом совещании нашли отражение исследования по технической минералогии и петрографии. Так, в докладе Д. С. Белянкина указывалось, что по аналогии с продуктами распада металлических сплавов он рассматривает пертитовые полевые шпаты как распавшиеся при понижении температуры калинатриевые ортоклазы и санидины, а по аналогии с девитрификацией технических стекол и шлаков принимает сферолитовые структуры некоторых липаритов как результат частичной девитрификации переохлажденных магматических стекол [551].

На том же совещании в докладе А. С. Гинзберга подчеркивалась, в соответствии с высказываниями Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, значение исследований Д. С. Белянкина по диффузии химических элементов в динасе для понимания аналогичных диффузионных процессов в горных породах. В докладе В. В. Черных говорилось о больших работах, проводимых по просьбе Московского камнелитейно-

го завода в экспериментальной лаборатории Ленинградского горного института по каменному литью из диабазов и других горных пород.

На втором совещании было сделано уже три доклада по каменному и шлаковому литью, а на третьем состоялась интересная и практически полезная дискуссия по вопросам научных основ процессов плавления базальтов и других горных пород, их кристаллизации и отжига, обеспечивающих наилучшие свойства камнелитейных изделий. Внимание, проявленное к каменному литью на совещаниях по экспериментальной и технической петрографии, в первые годы его производства, несомненно, сыграло положительную роль в развитии этой отрасли промышленности. Был создан Кондопожский завод камнелитейных изделий и минерального сырья, продолжает работу Донецкий комбинат каменных и керамических изделий, действуют цехи каменного литья на Криворожском, имеющем самое современное оборудование, и Первоуральском металлургических заводах. Проводятся научно-технические семинары по вопросам каменного литья.

Параллельно с работой секций по технической петрографии на всесоюзных совещаниях по экспериментальной и технической минералогии такие секции работали на втором (1966 г.) и четвертом (1981 г.) уральских петрографических совещаниях в Свердловске; тематика докладов этих секций еще ближе отражала деятельность ученых, работающих в области технической петрографии в институтах Уральского научного центра АН СССР и отраслевых институтах, в частности Восточном институте огнеупоров, и оперативно отзывающихся на запросы промышленности индустриального Урала.

Приведенные материалы о работе секций по технической минералогии и петрографии на всесоюзных совещаниях показывают, как продуктивно развивалась проявленная в свое время Д. С. Белянкиным инициатива систематического созыва этих совещаний. Не прекратился рост исследований по технической петрографии и после смерти Д. С. Белянкина, о чем свидетельствуют приведенные данные, говорящие о жизненной силе созданной Д. С. Белянкиным новой ветви петрографической науки — технической петрографии.

Первые ее итоги достаточно подробно изложены Д. С. Белянкиным, Б. В. Ивановым и В. В. Лапиным в монографии «Петрография технического камня» [432], переведенной на немецкий и польский языки. Эту книгу ши-

роко использовали и продолжают использовать научные и заводские работники, имеющие дело с техническим камнем, его фазовым составом, структурой и свойствами, а также петрографы, изучающие процессы, которые протекают при образовании горных пород (кристаллизацию, дифференциацию, ликвацию, гравитацию, диффузию, реакционные взаимодействия и т. д.).

На совещаниях по технической петрографии выступали не только петрографы и минералоги, но и технологи разных профилей. В связи с этим следует упомянуть, что Дмитрий Степанович неоднократно, и устно и в печати, указывал на важную роль содружества разных специалистов в развитии технической петрографии. Так, в обзорной статье 1942 г. об истории и современном состоянии петрографии технических пород в СССР он дал большой перечень трудов внеакадемических специалистов технологического профиля, которые принимали участие в ее развитии [208].

Существенное значение в развитии технической петрографии имело и то, что объединил, направил и возглавил сравнительно разнородный коллектив людей, работающих во многих ведомствах, вузах и на заводах, такой ученый и человек с высокими личными качествами, каким был Д. С. Белянкин. Его личную заслугу трудно переоценить.

Ранее уже упоминалось о большой педагогической деятельности Д. С. Белянкина: он был профессором Петроградского (Ленинградского) политехнического института (1920—1935 гг.), Ленинградского химико-технологического института (1931—1937 гг.), в котором также руководил аспирантурой и научными исследованиями по технической петрографии, Московского заочного геологоразведочного института, где в 1938—1941 гг. возглавлял кафедру минералогии и петрографии. Начиная с 1926 г. Дмитрий Степанович читал в этих вузах курс лекций по технической петрографии.

Кроме того, в согласии с пожеланиями участников совещаний по экспериментальной и технической петрографии, которые ими неоднократно высказывались, научные сотрудники отдела технической петрографии ИГЕМА Б. В. Иванов и В. В. Лапин в течение ряда лет до Великой Отечественной войны и после нее проводили систематическое обучение на краткосрочных (до двух месяцев) курсах технической петрографии сотрудников заводов и отраслевых институтов.

На кафедре петрографии Московского государственного университета профессор С. Д. Четвериков также в течение ряда лет читал лекции по технической петрографии, и под его руководством проходили аспирантуру по этой дисциплине как советские, так и иностранные петрографы. В настоящее время эту работу продолжает его ученица доцент А. М. Батанова.

В Томском государственном университете доцент А. В. Мананков читает лекции по технической минералогии и петрографии для геохимиков. Университетом для студентов выпущено составленное им учебное пособие «Основы технической петрографии».

В Воронежском университете на кафедре петрографии работает лаборатория технической петрографии, руководимая В. С. Дмитриевским.

В Московском химико-технологическом, Ленинградском технологическом и в подобных институтах ряда других городов на силикатных кафедрах стекла и шлаков, огнеупоров и керамики, вяжущих материалов студенты получают знания по петрографии технического камня.

Таким образом, педагогическое наследство Д. С. Белянкина по технической петрографии не только не отмирает, но получает все более и более широкое развитие, обеспечивая, хотя еще и не в полной степени, приток молодых кадров в техническую петрографию и минералогию.

Огнеупоры в стекловаренных печах

Разъедание огнеупоров в стекловаренных и металлургических печах, вообще говоря, явление общеизвестное [525]. Однако весной 1927 г. в одной из печей стекольного завода «Дружная Горка» автор книги наблюдал своеобразный, ранее не описанный случай такого разъедания. При осмотре круглой горшковой печи, остановленной для холодного ремонта, было обнаружено необычное разрушение ее свода лишь в некоторых местах с образованием губчатой структуры. Особенно сильным разрушение оказалось в швах между двумя соседними кирпичами.

Тщательное исследование показало, что свод был сложен из динасовых и шамотных кирпичей попеременно concentрическими кругами. Создавалось впечатление, что кто-то намеренно поставил эксперимент: как будет вести себя свод, если сложить его не из одного динаса, как это делается обычно, а попеременно с шамотными кирпичами

[650]? Примечательно, что из трех находившихся рядом кирпичей разрушался лишь средний, а два других, расколагавшихся по его сторонам, были немного оглазурованы. После окончательной разборки свода были выполнены химические анализы отдельных его частей.

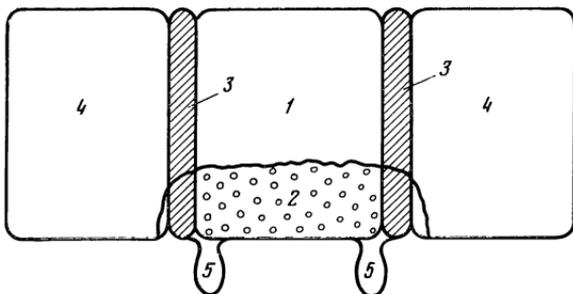
На рисунке изображены три расположенные рядом кирпича, швы между ними и новообразования в виде капель.

Во время работы печи не наблюдалось каких-либо дефектов, зависящих от ее конструкции. Отапливалась печь газом из торфяного газогенератора; во время варки свинцового стекла для электрических ламп температура достигала приблизительно 1400—1450° С. Губчатая часть динаса была глубиной 30—40 мм. Она состояла из отдельных непрозрачных зерен диаметром 3—4 мм, сцементированных стеклообразным веществом.

Обсуждая параллели из области петрографии технических и естественных пород, Д. С. Белянкин обращает внимание [210] на образование полевошпатовых (по химическому составу) капель на своде стекловаренной печи, описанное и опубликованное М. А. Безбородовым в 1927 г. [650]. Дмитрий Степанович писал, что динас из свода печи «частично превратился... в род брекчии из кусков тридимитизированного кирпича и из цементирующего эти куски зеленовато-бурого стекла... в форме капелек и мелких сталактитов».

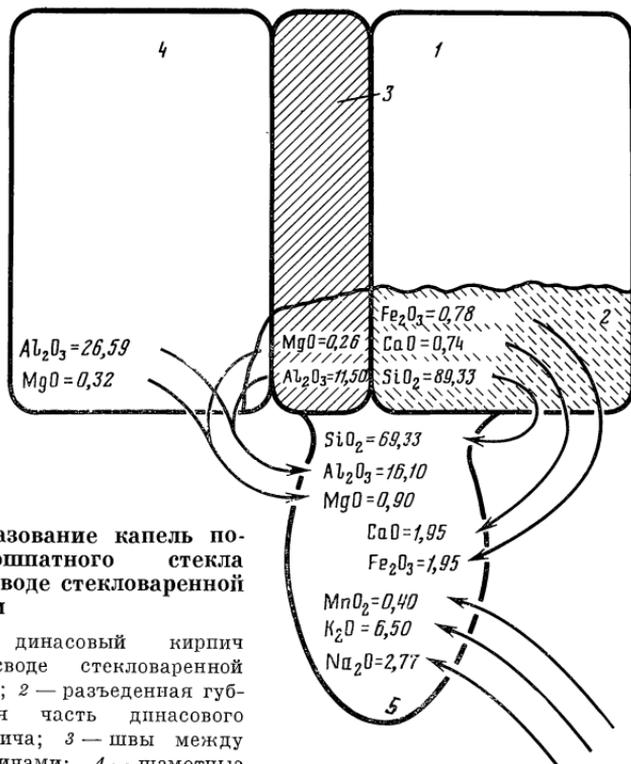
Описанные выплавки на шамоте и динасе, имитирующие почти полностью изверженные горные породы, согласно Д. С. Белянкину, принадлежат к явлениям, редко встречающимся в технике. Возникновение новообразований в стекловаренных печах настолько заинтересовало Д. С. Белянкина, что он вместе с Б. В. Залесским посетил в 1927 г. завод «Дружная Горка», где в то время была остановлена на холодный ремонт другая — овальная десятигоршковая — печь. Она имела горизонтальные горелки и обогревалась верхним пламенем. Гости вместе с автором, работавшим в те годы заведующим заводской лабораторией, забрались внутрь печи, чтобы осмотреть стену и свод ее пламенного пространства.

Надо было видеть, с какой непосредственной радостью Дмитрий Степанович не только осматривал все эти разнообразные навары, натеки и другие новообразования, но и отламывал их, несмотря на острые края и угловатости на отколах. Он вышел из печи с окровавленными руками, обернутыми в носовые платки. Но зато трофеи были цен-



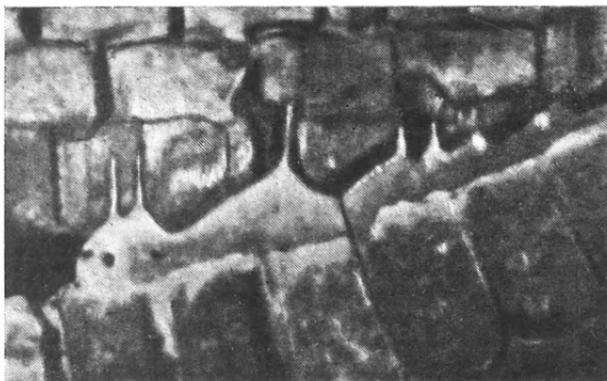
Разъедание динаса на контакте с шамотом в своде стекловаренной печи

1 — динасовый кирпич в своде стекловаренной печи; 2 — разъеденная губчатая часть динасового кирпича; 3 — швы между кирпичами; 4 — шамотные кирпичи; 5 — стеклообразные капли



Образование капель полевощатного стекла на своде стекловаренной печи

1 — динасовый кирпич в своде стекловаренной печи; 2 — разъеденная губчатая часть динасового кирпича; 3 — швы между кирпичами; 4 — шамотные кирпичи; 5 — стеклообразные капли. Стрелками показано движение окислов



Сталактиты на своде стекловаренной печи завода
«Дружная Горка»

ные: под сводом печи были обнаружены в высшей степени интересные образования, напоминавшие настоящие сталактиты. Они висели под сводиком горелки, отделявшим газовый канал (снизу) от воздушного (сверху). Свод был выложен динасовым огнеупором в полкирпича толщиной 130 мм. В другой печи, остановленной на ремонт одновременно с предыдущей, были обнаружены такие же сталактиты. Цвет тех и других грязно-белый или светло-серый; структура в изломе тонкокристаллическая и тонкопористая [105].

Сталактиты из одной печи мало отличались один от другого, но их образцы из разных печей имели существенные различия. Микроскопическое изучение сталактитов показало, что они были полностью кристаллическими, в них не было и следов стекла. Преобладающим минералом являлся тридимит, других модификаций кремнезема — кристобалита или кварца — в них не оказалось, вторым минералом — псевдволластонит. Кроме того, сталактиты содержали и другие минералы, определение которых затруднялось их незначительными размерами, малым содержанием в изучавшихся образцах и их присутствием в смеси друг с другом и с псевдволластонитом.

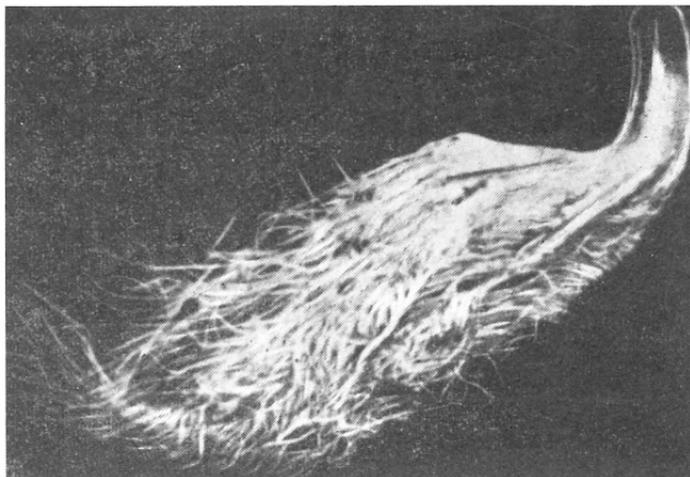
В отличие от описанного ранее разрушения динаса под влиянием улетающей шихты на контакте с шамотом [650] в данном случае динас оказался совершенно не поврежденным. На основании исследования свода и сталактитов сложилось впечатление, что сталактиты образовались не из вещества динаса. Некоторая часть шихты при засыпке ее в горшки подхватывалась дымовыми газами и,

ударяясь о свод, оседала на нем, вступая в реакцию, а другая ее часть относилась газами в камеры регенераторов, дымовые каналы или оседала на поду печи, о чем будет речь далее. Существовавшее издавна среди стеклоделов мнение, что улетучиваться из шихты могут только щелочи и что образование сталактитов путем приноса щелочей невозможно, было опровергнуто Сколсом [689] как раз в то время, когда Белянкин и Безбородов занимались этим вопросом. Сколс на основании практики стекловарения в США показал, что улетучивание кремнезема из песка при засыпке шихты существует и достигает 1,13%, если зерна песка весьма мелки и проходят через сито 100 отв./см². Следовательно, шихта при засыпке в печь теряет не только щелочи, но и тончайшие частицы песка, которые также принимают участие в образовании сталактитов.

Нельзя не упомянуть здесь о статьях Б. С. Швецова [641] и Н. Н. Смирнова [602] также о сталактитах, но другого — Великодворского — стекольного завода. Сопоставлению химизма и минералогии сталактитов Дружногорского и Великодворского заводов посвятил свою статью Д. С. Белянкин [122]. Он показал, что существенной разницы между ними в химизме нет и что некоторое минералогическое различие объясняется условиями их охлаждения: одни сталактиты остывали медленно и поэтому кристаллизация завершалась в них полностью, другие охлаждались быстро, вследствие чего процесс кристаллизации протекал не до конца и некоторая часть сталактита сохраняла свое стеклообразное состояние.

При сопоставлении составов сталактитов Дружногорского завода с ипкрустациями на динасовых кирпичках в своде и на стенках стекловаренных печей, наблюдавшимися Г. Инслеем, оказалось, что в последних наряду с тридимитом и стеклообразной частью натрий преобладал над кальцием вопреки тому, что было установлено советскими авторами [105].

Чрезвычайно интересный, но сравнительно редкий случай новообразований наблюдался в регенераторе одной из ванн печей стекольного завода «Дружная Горка» в виде сильно вытянутых волокнисто-волосистых сталактитов, напоминающих по своей морфологии известные природные лавовые образования, именуемые «волосами Пеле» [296]. Они были обнаружены в ванной печи системы Сименс—Дралле—Грум—Гржимайло во время ее холодного ремонта после годичной работы. Регенераторы печи имели



Длинновытянутый волосисто-волокнистый сталактит

горизонтальную перегородку примерно на середине их высоты. Там, где газовый поток омывал ее и делал изгиб, на кирпиче выросло образование, под влиянием дутья горячих газов вытянувшееся в настоящую «бороду» на пороге регенератора. Длина «бороды» достигла примерно 40 см, а толщина глазурного слоя, от которого она отходила, составляла до 3 см. Толщина волокнисто-волосистых сталактитов находилась в пределах 1,5—0,03 мм и меньше. Каждый из них был покрыт очень тонким порошковатым налетом, легко растворимым в воде и состоящим из минералов тенардита с характерными для него оптическими константами. Светопреломление стекла сталактита $N=1,518 \pm \pm 0,002$. Сталактиты, отмытые водой от тенардита, были проанализированы; результаты анализов приведены в табл. 3.

Для варки стекла применялась шихта, состоявшая из 50 кг люберецкого песка, 2,7 кг полевого шпата, 8 кг мрамора, 7 кг доломита, 16,1 кг соды и 0,5 кг сульфата натрия. Стекло, отвечающее этой шихте, если пренебречь небольшими количествами железа и калия, содержит (в %):

SiO_2 — 72, Al_2O_3 — 1,5, MgO — 2,5, CaO — 10, Na_2O — 14.

Обращает на себя внимание содержание MnO и Al_2O_3 в сталактитах. Первый имеет своим источником, очевидно, золу торфяного топлива. Что касается глинозема, то

Таблица 3. Химические анализы волосистых сталактитов (%)

Окислы	1 *	2 **	Окислы	1 *	2 **
SiO ₂	66,97	66,05	CaO	3,65	4,12
TiO ₂	0,88	1,06	Na ₂ O	14,92	10,98
Al ₂ O ₃	10,7	10,58	K ₂ O	—	3,55
Fe ₂ O ₃	1,25	1,71	SO ₃	0,46	0,43
MnO	—	0,14	H ₂ O	0,08	0,41
MgO	0,89	0,78			
Сумма	99,8	99,81			

* Аналитик А. Н. Суходольская

** Аналитик К. П. Соколова

его содержание здесь много меньше, чем в сталактитах, описанных ранее [105, 650]; это легко объяснить их большей отдаленностью от источника глинозема — шамота, чем в двух первых случаях.

Продолжая систематическое изучение новообразований в стекловаренных печах, авторы [115] провели исследование двух образцов и наваров на поду горшковой печи и в газовой камере от регенераторов.

Навар с пода печи снежно-белого цвета, плотного или губчатого строения. Он выстилает под печи более или менее толстым слоем (5—20 см), причем его наибольшая толщина отмечается у горелок овальных горшковых печей. В нижних слоях, примыкающих к поду, он более плотен, а его верхняя, наружная часть является губчатой, с весьма причудливыми ветвистыми образованиями, наподобие тех, которые у арагонита называются «железными цветами». По сравнению со сталактитами навар содержит меньше извести и больше щелочей. В шлифах наблюдается сочетание тридимита с остатками незакристаллизовавшегося стекла. Светопреломление $N = 1,497 \pm 0,006$, что говорит о большом содержании в нем кремнезема. Происхождение наvara обязано, очевидно, нескольким источникам: кварцевому песку, который насыпают на под для его выравнивания при смене горшков, крупным частицам шихты при распылении ее во время засыпки в горшки и выплескам самого стекла при его варке и бурлении.

Второй навар [115] образовался в газовой камере регенераторов горшковой печи; толщина его слоя достигала 40 см, цвет — голубой. Как удалось установить, он оказался в регенераторе вследствие протекания в него белого стекла сквозь разрушившуюся кладку пода печи. Составы изготовлявшегося стекла и наваров оказались очень близкими. Микроскопическое исследование навара показало, что он состоит из стеклообразного вещества и кристалликов. Оптические свойства последних (кроме угла оптических осей, $2V$) соответствуют минералу девитриту: $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$. Как известно, он может возникать в стеклах при температурах ниже 1050°C , т. е. в условиях их зарухания.

Д. С. Белянкин и Я. В. Ключаров изучали коррозию шамотных огнеупоров шлаками торфяной золы в самодувном газовом генераторе на том же заводе «Дружная Горка» [123, 139]. До 1925 г. эти генераторы имели обычные чугунные колосники, но позже их заменили шамотными плитами.

Воздействие расплавленной торфяной золы на шамотные плиты представляет собой сложный процесс — своего рода контактный метасоматоз. Напомним, что метасоматическими называют псевдоморфозы, сопровождающиеся обменом химических компонентов, при котором из расплавленного материала, метаморфизовавшего состав одного из веществ — шамота, в последний внесены преимущественно те или иные окислы взамен других, перешедших из них в расплавленную массу золы. В разбираемом случае метасоматоз сопровождался существенным понижением температуры плавления шамота, приближающейся к температуре плавления золы. Стремление системы к тепловому равновесию, по-видимому, и является одной из причин процесса замещения. Белянкин и Ключаров отмечают, что метасоматоз при сходных условиях в стекловаренных печах не редкость. Они указывают для примера на работу М. А. Безбородова, М. Ф. Шура и И. И. Можейко (1930 г.) о разрушении стекловаренного горшка железом [491].

В результате воздействия расплавленного стекла на шамотный тигель между ними образуется слой толщиной 1—2 мм, в котором содержатся компоненты в промежуточных количествах по сравнению с реагирующими веществами.

Подобное же образование «защитного» слоя между шамотом и стекольным расплавом наблюдали (1932 г.)

Д. С. Белянкин и В. А. Егоров [153], изучая разъедание стекловаренных горшков из кассельской и часовъярской глины расплавленным стеклом. Они установили, что при высоких температурах шамот начинает спекаться, в результате чего между ним и стеклом образуется фарфоровидная пленка, состоящая из стекла особого состава с находящейся в нем сеткой муллитовых иголок и отчасти листочков корунда. Вследствие очень высокой вязкости и устойчивости этот слой задерживает дальнейшее разрушение.

Явления, описанные Д. С. Белянкиным и Я. В. Ключаровым, позже (1938 г.) наблюдались в футеровке коксовых печей [688]. Процессы взаимодействия шихты с огнеупорной футеровкой тепловых установок наблюдаются на всем протяжении ее передвижения от места засыпки в печь до вылета ее в дымовую трубу.

Наиболее тяжелые частицы быстро оседают, образуя навары на поду. Наиболее легкие уносятся далеко и образуют, к примеру, волокнисто-волосистые новообразования. Шихтная пыль влияет на насадку регенераторов стекловаренных печей и в другой форме, вступая с ней в реакцию. Так, во время ремонта двух типов горшковых печей — овальной и подковообразной — на стенках воздушной камеры одной из них был обнаружен (1929 г.) слой массы белого цвета; он сравнительно легко отделялся от кладки камеры. Было установлено, что около десятка лет назад стенки были вымазаны огнеупорной глиной. Очевидно, тончайшая шихтная пыль взаимодействовала с этой обмазкой, в результате чего получилась корообразная масса. Ее микроскопическое исследование показало, что главными минералами в ней являются щелочные алюмосиликаты — нефелин и карнегиит, пронизанные местами мелкими игольчатыми кристалликами рутила [116]. Эта работа Д. С. Белянкина и М. А. Безбородова была доложена на английском языке заочно Г. Инслеем на годичном собрании Американского керамического общества в Торонто в 1930 г. [124].

Новообразования в камерах регенераторов другой — подковообразной печи были весьма своеобразны. Они имели вид как бы выцветов или кристаллических скелетов, легко рассыпавшихся при простом нажиме на них пальцем; толщина их достигала 3—4 см. Подобные отложения с течением времени должны засорять проходы для газов, понижать полезное действие насадки регенераторов и требовать более или менее частую смену их насадки. В этой

печи повообразования также содержали кристаллы нефелина и карнегиита и те же мелкие пирамиды и призмочки рутила. Подводя итоги своих экспериментальных наблюдений — химических анализов и микроскопического изучения, Белянкин и Безбородов приходят к заключению, что физико-химический смысл такого взаимодействия заключается в том, что шихтная пыль и шамот не смешиваются полностью, а образуют из своих окислов такие количественно-химические системы, которые требуют для этого наименьшей работы, а именно: 1) наиболее легкоплавкие стекла, 2) кристаллические выцветы и скелеты из наиболее легко кристаллизующихся щелочных алюмосиликатов в имеющихся условиях.

Приведенные примеры представляют собой реакции контактного метаморфизма, протекающие в рукотворных условиях и хорошо известные в природной среде. Эти технические контактные реакции отличаются тем, что влияние вступающего в контакт субстрата на химизм поглощенного им во время контактного процесса вещества всегда ощутимо [117]. Активными контактными агентами, как было видно, служили: 1) шихтная пыль, увлекаемая газовыми и воздушными потоками, 2) субстрат, подвергающийся воздействию пыли, — динасовые и шамотные кирпичи. Все они создавали контактно-метаморфические новообразования.

Об аналогах между природными образованиями и техническими продуктами писал Д. С. Белянкин и в других своих работах. Так, в начале 30-х годов он выступает на II Всесоюзной научно-технической конференции стекольной промышленности с докладом об изменениях шамота в условиях работы стекловаренной печи [148]. Позже появляется его статья о петрографии и производстве стекла [177].

Кристаллизация технических стекол («камни в стекле»)

Проблема кристаллизации стекол интересовала Д. С. Белянкина с первых шагов его научной деятельности. Напомним, что в 1904 г. он штудирует книгу Г. Таммана «Кристаллизация и плавление», вышедшую на немецком языке в Лейпциге в 1903 г. [695], и пишет о ней рецензию под заголовком «Гипотеза Таммана о границах кристаллического состояния» [2]. Этот интерес не ослабевал в нем и позднее, поскольку кристаллизация горных

пород является одной из важнейших проблем петрографии. В 1933 г. в сборнике «Строение стекла» публикуется его обширная обзорная статья «Современное положение проблемы кристаллизации промышленных стекол» [157].

Подводя итоги исследовательских работ по изучению силикатных тройных систем, которые служат основой промышленных стекол, он отмечает, что исследования велись по двум главным направлениям: 1) определение скорости кристаллизации стекол и влияние на нее отдельных компонентов, времени и температуры тепловой обработки, 2) изучение равновесия этих систем. Здесь же он намечает и те вехи, по которым должны вестись подобные работы. К этой статье примыкает и другая работа того же времени — о петрографическом контроле в стекольном производстве, микроскопическом определении «камней» в стекле [169].

Здесь следует остановиться на участии Д. С. Белянкина на общественных началах в работе Консультационного бюро по «камням» в стекле, организованном в 1934 г. по инициативе его и автора книги при правлении Ленинградского областного научного инженерно-технического общества стекольно-фарфоровой промышленности. Эта работа была поставлена с целью помочь стекольной промышленности в ее борьбе с браком «камней в стекле». Заводы живо откликнулись на обращение и стали высылать посылки с образцами брака, которые подвергались изучению петрографическими методами в Лаборатории стекла Ленинградского химико-технологического института [169]. Результаты изучения пороков в стекле, а также практические рекомендации по их устранению и предупреждению высылались на заводы. В течение почти года было изучено около 150 образцов брака с 20 стекольных заводов. Кроме Д. С. Белянкина и автора, руководивших этой работой, в ней принимали участие Н. А. Торопов, Е. П. Ходикель, Ф. А. Курлякин, А. А. Соколова, Т. Ф. Корзухина, А. Н. Даувальтер и М. А. Выхрева.

Результаты исследований были опубликованы в книгах «Камни в стекле» [480] и «Камни и свилы в стекле» [487]. Придавая большое практическое значение этой проблеме, Д. С. Белянкин написал к обоим книгам предисловие [443, 445]. Как известно, под «камнями» в стекле подразумеваются непрозрачные включения, принадлежащие к четырем группам в зависимости от их происхождения: шихтные, сводовые, шамотные и образовавшиеся в результате кристаллизации.

В середине 30-х годов под руководством Д. С. Белянкина была проведена, также на общественных началах, научная работа по изучению камней в стекле, шихта которого содержала нефелин — новый для стеклоделия природный сырьевой материал, содержащий щелочи. Это было время большого недостатка щелочного сырья в стекольной промышленности. В этой работе, кроме Д. С. Белянкина и В. В. Лапина, представлявших Петрографический институт АН СССР, участвовали и сотрудники Центральной лаборатории Ленстеклотреста. Результаты были опубликованы в 1936 г. [214].

Работы по «камням в стекле», начало которым было положено во второй половине 20-х годов на стекольном заводе «Дружная Горка», велись Д. С. Белянкиным и после его переезда в Москву.

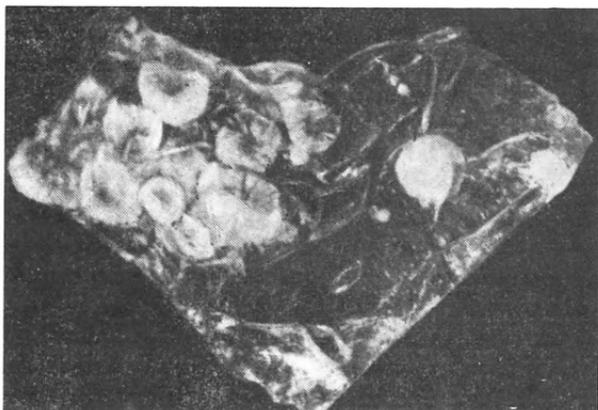
Не останавливаясь более подробно на характеристике различных «камней в стекле», поскольку об этом неоднократно упоминалось в печати [257, 258, 358, 432, 480, 487], отметим лишь, что в настоящее время насчитывается более 50 минералов, встречающихся в них.

Сферолитовая кристаллизация

Одну из своих статей по кристаллизации Д. С. Белянкин посвятил сферолитам в технических стеклах и шаровым образованиям в магматических горных породах [164]. В стекольном производстве они принадлежат к «порокам стекол» и представляют собой один из видов «камней».

Сферолитовые образования, как известно, довольно обычное явление и в стеклах естественных — в магматических стекловатых породах. Напрашиваются некоторые параллели между теми и другими сферолитами. Природное магматическое сферолитообразование приравнивается преимущественно к кислым вулканическим породам: липаритам, обсидианам, кварцевым порфирам и др. Сферолитообразование наблюдается в некоторых основных породах — диабазах, авгититовых и подобных стекловатых и полустекловатых породах. В отличие от кислых сферолитовых пород их называют вариолитами. Интерес Д. С. Белянкина к шаровым кристаллическим образованиям в стеклянном расплаве основан на поисках параллелей и аналогий в генезисе природных и искусственных продуктов.

Д. С. Белянкин говорил [164], что на основании неоднократных исследований сферолитов [579—592] обнару-



Стекло Кубенского завода со сферолитами

жен замечательный факт, свидетельствующий, что химический состав этих кристаллообразований почти совершенно не отличается от состава того стекла, в котором выделялись те или иные сферолиты. Не ограничиваясь данными Г. Кеппелера [525], он сам предпринимает изучение сферолитов двух заводов — Кубенского и Воздвиженского. Тщательно выполненные анализы с применением современных, весьма точных методов исследования не только подтверждают близость химического состава сферолитов и стекла, но и сводят эту близость до полного тождества химизма обоих образцов. Единственная разница замечается только в том, что стекло содержит больше воды, чем сферолиты, однако это понятно, поскольку первое вообще легче адсорбирует воду, чем кристаллы. Создается такое впечатление, что сферолит в процессе своего роста питается исключительно лишь тем стеклом, которое он замещает.

«Сферолит, таким образом, рисуется нам в своем целом, — пишет Д. С. Белянкин, — как своего рода замкнутая система, генетически изолированная от окружающей его массы нормального стекла». Исследование природных магматических сферолитов — вариолитов — показало, что они не имеют полного тождества химического состава с межсферолитовой основной массой, какое наблюдается в случае технического сферолита. Как известно, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в 1884 г. впервые описал вариолиты из Ялгубы [676]. Он указывал, что они, подобно всем сферолитовым породам, представляют характерную картину

дифференцированной породы, в которой вариолы и основная масса более или менее существенно различаются между собой по химическому составу; в доказательство тогда же он привел и несколько анализов. Позже (1905 г.) Левинсон-Лессинг описал сферолитовые породы Мугоджар [559] и объяснил возникновение сферолитовой структуры расщеплением остывающей магмы на две жидкости: полевошпатовую и железисто-магнезиальную, которые при данных условиях не смешиваются и стремятся к раздельной кристаллизации. В 1935 г. он вновь вернулся к проблеме вариолитов [566].

На основании химических анализов и минералогического состава одного из вариолитов, в котором вариолы состоят целиком из полевого шпата, а основная масса — из амфибола, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг высказал предположение, что этот случай можно рассматривать как один из примеров ликвации в силикатном расплаве.

Чем же объясняются эти расхождения, почти полностью отсутствующие в технических стеклах? — задает вопрос Д. С. Белянкин. Отвечая на него, он указывает на три возможные причины: 1) дифференциация в процессе сферолитообразования при участии надкритической газовой фазы наподобие того, как это происходит во многих случаях пегматитообразования; 2) позднейшее выветривание породы; 3) ликвационная дифференциация жидкой магмы прежде огустения последней с позднейшей частичной кристаллизацией жидких капелек первоначальной эмульсии.

Заключая свою статью, Д. С. Белянкин пишет, что технические сферолиты представляют собой относительно простое явление, вполне понятное как со стороны химизма, так и со стороны своего происхождения. Природные сферолитовые образования, напротив, настолько осложнены привходящими моментами, особенно участием в исходной магме легколетучих компонентов (вода), что для какого-либо их удовлетворительного объяснения у нас нет пока достаточных данных: для этого нужен специальный эксперимент.

Следует сказать, что применение электронной микроскопии и других тончайших методов исследования за последние 20 лет показало, что сферолитообразование оказывается далеко не столь простым явлением, о чем можно судить по результатам проведенных в последнее время исследований и дискуссий на данную тему.

Кремнезем (или кремниевая кислота) с его различными модификациями, представляющий собой химическую основу природных и искусственных силикатов нашей планеты, стал привлекать особое внимание Д. С. Белянкина еще в ранние годы его научной деятельности. Этот интерес еще более возрос в 20-х годах. И совершенно не случайно, что свое выступление в 1920 г. в петрографической секции Геологического комитета он посвящает одному из важнейших свойств кремнезема — его полиморфизму, имеющему столь большое теоретическое и практическое значение. Этот доклад его был опубликован в 1924 г. [71] и явился первым звеном в длинной серии его работ, проводившихся в течение четверти века, о свойствах кремнезема и роли его в производственных продуктах. Одному только динасу в металлургии он посвятил 14 статей (1924—1937 гг.); кроме них, были опубликованы четыре статьи о переносе кремнекислоты в газовой форме [159, 162, 212, 314].

Толчком выступления в Геолкоме, возможно, послужило ознакомление с образцом динаса из коллекции огнеупорных кирпичей профессора В. Е. Грум-Гржимайло, выдержавшим 668 плавов в мартеновской печи. Невооруженным глазом Д. С. Белянкин обнаружил в кирпиче несколько зон, имеющих разную окраску и отвечающих различным температурным условиям в печи. Позже, в 1929 г., в результате химических анализов и минералогических исследований различных зон кирпича была замечена миграция железа и марганца из одной зоны в другую [107]. Динас испытывает перерождение во время службы в печи под влиянием температуры. Окислы железа и марганца накапливаются в той зоне динаса, где кремнезем перерождается в тридимит. Двуокись титана также подвергается передвижению из одной зоны в другую. Наблюдения над природными контактами показывают, что этот окисел особенно способен к миграции.

В специальной статье о двуокиси титана в динасе [108] Д. С. Белянкин подчеркивает, что поведение TiO_2 представляет значительный интерес с петрографической точки зрения как пример контактного метаморфизма в экзогенной среде за счет экзогенных материалов без привноса их из эндогенной среды. Дмитрий Степанович ссылается на свои наблюдения во время петрографической практики на Кавказе, когда он описал поведение TiO_2 из минеральных

повообразований Дарьяльского гранитного массива [21, 29]. Дарьяльский массив, писал он, прорезается сетью зеленокаменных диабазо-порфировых жил. Под влиянием зеленокаменной интрузии гранитная магма частично регенерируется и проникает в виде мелких прожилков в само тело диабазового порфирита. По мере внедрения в диабаз она теряет часть своей кремнекислоты и одновременно производит контактное воздействие на порфирит с накоплением двуокиси титана в экзоконтактной зоне. В разных образцах гранита содержание TiO_2 составляет 0,2—0,51%, в нормальном диабазовом порфирите — 0,98%, а в том же порфирите, но изменившемся под влиянием контакта, — 2,58%; здесь происходит миграция, хотя бы частичная, экзогенных материалов. Разница с динасом состоит только в том, что TiO_2 накапливается в контактной среде, а не уходит из нее. Конечно, полного тождества контактных явлений в обоих случаях и не следовало ожидать, поскольку общая и химическая обстановка и температурный режим обоих контактов различны.

Среди многих других технических пород динас, согласно Д. С. Белянкину, представляет наибольший интерес с точки зрения химико-минералогического состава и миграции в нем окислов в зависимости от температурных условий. Этим несомненно объясняется его повышенный и неослабевавший интерес и длительное изучение структуры, что позволило установить открытые им закономерности, названные «законом динаса» [190]. Уже в процессе производства динаса из кварцевого или кварцитового материала в нем во время обжига происходят химические и минералогические изменения; особенно своеобразна и неожиданна при этом его кристобалитизация. Почти исключительно она распространяется на крупные куски кварца и кварцита. При обыкновенной температуре кристобалит после обжига находится в β -модификации, однако он не имеет характерной двойниковой структуры, которая обычно возникает при переходе высокотемпературного α -кристобалита в низкотемпературную β -форму. При скрещенных николях он остается изотропным, в связи с чем создается впечатление, что под микроскопом не кристобалит, а бесцветное стекло. Однако проведенное им вместе с Н. Г. Казнаковой исследование (1934 г.) показало, что это «стекло» есть в действительности β -кристобалит [181]. Причиной его оптической изотропности, по мнению Белянкина и Казнаковой, является, по-видимому, субмикроскопическая кристаллизация его пластинок.

Тридимит в противоположность кристобалиту образуется при обжиге динаса из кварцевой пыли в результате ее реакции с добавками (цементирующими массу динаса) совместно с псевдоволластонитом, который возникает за счет добавок извести, и светло-бурым силикатным стеклом. Так, опыт показывает, что кристаллизация кварца в динасе идет «сухим» путем, тогда как для тридимитизации нужны добавки, облегчающие его молекулярную подвижность. Заметим попутно, что не без оснований в 50-х годах О. В. Флерке подверг сомнению [665] известную диаграмму состояния К. Н. Феннера [233], выступив с утверждением о том, что тридимит не возникает из чистого кремнезема без участия посторонних ионов и что существование тридимита как самостоятельной фазы SiO_2 не доказано [664, 665].

Более интенсивные превращения динаса происходят позже, в процессе его службы в металлургической или иной производственной печи, но наиболее полно в мартеновской кладке; именно прежде всего к ним относятся закономерности, которые названы Д. С. Белянкиным упомянутыми выше «законом динаса». В результате длительной службы в печи при весьма значительных температурах, достигающих почти 1700°C , и огромному температурному градиенту по его длине кирпич принимает ясно выраженную зональную структуру. Д. С. Белянкин насчитывает четыре зоны и характеризует их следующим образом:

1. Неизменная часть кирпича светло-желтого цвета. Сохраняется та структура, которая была приобретена им во время предварительного обжига.

2. Переходная зона темного, красно-бурого цвета. По сравнению с неизменной зоной лучшая кристаллизация тридимита и псевдоволластонита. Замечается усиленное скопление последнего, но меньше остаточного кварца. Скапливается светло-бурое стекло, которое отчасти растекловывается. Начинается тридимитизация кристобалита, образовавшегося при первоначальном обжиге.

3. Черная тридимитовая зона. Последние остатки кварца исчезают. Кристобалит более интенсивно превращается в тридимит. Псевдоволластонит исчезает. Стекло темнеет; в сочетании с ним, частично в виде девитрификата, появляются ортосиликаты (фаялит, монтичеллит). В большом количестве появляются скелеты магнетита. В конечном итоге образуется непрерывная тридимитовая ткань, пронизанная магнетитом (в форме дендритов) и продуктами девитрификации силикатов (фаялит и монтичеллит).

4. Светлая кристобалитовая зона — часть кирпича, выдающаяся в пламенное пространство печи. Полное превращение тридимита в другой, теперь уже нормальный кристобалит с его обычным превращением $\alpha \rightleftharpoons \beta$ -форм. Эта зона характеризуется мелкозернистостью, она мраморовидная и состоит из зернышек кристобалита. Между ними, как и в тридимитовой зоне, находятся девитрифицированное стекло, ортосиликаты и скелеты магнетита.

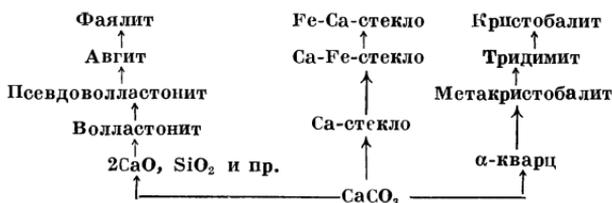
Эта краткая характеристика отдельных зон динасового кирпича позволяет предполагать, что, кроме чисто физических изменений, в нем должны происходить некоторые химические превращения, как, например, в переходной зоне — накопление извести, а в тридимитовой и кристобалитовой зонах — обогащение окисью железа.

Химические исследования зонального динаса, проводившиеся разными исследователями — М. Э. Ренгаде [681], Б. М. Ларсеном [670], В. Е. Грум-Гржимайло [523], в общем подтвердили представление о его зональности и химических изменениях. Но так как не были сделаны полные химические анализы, в частности отсутствовало содержание TiO_2 , а следовательно, и значение Al_2O_3 вызывало сомнение, то Д. С. Белянкин предпринял полные химические анализы всех зон динасовых кирпичей трех разных заводов [158].

Подводя итоги аналитических определений, Д. С. Белянкин писал, что двуокись титана, глинозем и окись кальция накапливаются преимущественно в переходной зоне, а окислы железа и марганца — главным образом в тридимитовой зоне. Все в целом химико-минералогические процессы, протекающие в динасе, отличаются значительной сложностью, и удовлетворительного физико-химического объяснения для них пока нет.

Позже в дополнение к своему докладу на Втором совещании по огнеупорным материалам [266, 284, 461] он дал схему фазовых реакций, протекающих в динасе в процессах фабрикации его и службы в металлургической печи. Стрелки в ней направлены в сторону повышающихся температур и материальных привносов из ванны печи. Правая ветвь схемы изображает полиморфные превращения свободного кремнезема динаса, а левая — параллельные им явления силикатного кристаллообразования в нем. Кроме двух боковых ветвей, на схему нанесена третья — средняя линия, относящаяся к стеклообразной части динаса изменяющегося состава: от бедного железом (кальциевого светло-желтого стекла) в относительно «холодных» час-

Схема минералообразования в динасе (по Д. С. Белянкину [445])



тях зонального кирпича до богатого железом стекла в горячих его зонах. Эти химико-минералогические реакции в динасе, говорил Д. С. Белянкин в 1940 г., как они изображены на схеме, более или менее общепризнанны. Однако пока нет достаточной ясности по поводу метакристобалитового перерождения кварцевого стекла, которое предшествует его тридимитизации. Согласно Д. С. Белянкину, метакристобалит совершенно напрасно принимают за аморфизировавшийся кварц — за кварцевое стекло. К вопросу о строении динаса и превращениях в нем Белянкин возвращается неоднократно [245, 246, 265], а в 1938 г. он опубликовал отдельную монографию с Б. В. Ивановым под названием «Материалы по изучению динаса и его сырьевой базы в СССР» [237].

В 1937 г. Дж. Морган и Дж. Дэвис дополнили исследования динаса советских ученых данными о поведении двуокиси германия, которая из угольной зоны может попасть в огнеупор и накапливаться в нем до 0,3%, а в отдельных случаях даже до 1,4% [677]. Весьма ценные сведения были опубликованы П. Хольмквистом на основании микроскопического изучения постепенного перехода кристаллических фаз в стеклообразные [668, 669].

Обсуждая вопрос об огнеупорности динаса, Д. С. Белянкин высказывал некоторые чисто практические предложения с целью ее повышения [261]. Он писал, что носителем огнеупорности динаса является кремнекислота его кварцевых зерен, которые превращаются в тридимит и кристобалит во время обжига и службы в печи. Силикатная связка, скрепляющая отдельные зерна, из-за своей легкоплавкости в той или иной мере, правда, снижает общую огнеупорность кирпича. Если к нему не предъявляются повышенные требования огнеупорности, то это обстоятельство не отражается заметно на его службе в мартеновских или других заводских печах. Но в настоящее время в особо крупных мартенах и в электропечах или других металлургических печах служба динаса оказывает

ся настолько жесткой, что он должен быть особо огнеупорным. Дмитрий Степанович считал, что для повышения огнеупорности связки, цементирующей зерна, целесообразно было бы вводить в шихту окись хрома в тонкодисперсном виде, по возможности в виде раствора, но не хромит, как предлагали некоторые исследователи. Так, П. П. Будников и Е. Д. Мандельгрин [506], а также Л. М. Куприянова [549] проводили опыты по введению в динасовую шихту хромита — хромистого железняка. Помимо окиси хрома, можно было бы вводить и окись магния.

В обоих случаях, как при магниезильной, так и при хромовой добавке в качестве связки, неизбежен более длительный обжиг кирпичей при более высокой температуре, чем обычно.

В дни войны Д. С. Белянкину и В. В. Лапину пришлось выяснять причину кратковременной работы динаса, изготовленного из златоустовских кварцитов горы Татарки (Урал); динас выдержал всего 108 плавов в мартеновской печи [300]. Было установлено, что эти кварциты содержат значительное количество алюмосиликатных и железистых примесей и имеют недостаточную структурно-минералогическую однородность.

Другой случай ненормально быстрого износа динасового кирпича, работающего в своде мартеновской печи, исследовали в военное время Д. С. Белянкин, В. В. Лапин и П. С. Мамыкин [310]. В результате химико-минералогического изучения оказалось, что в изучавшемся образце наблюдается полное отсутствие миграции окислов, а также межкрупочных элементов черной тридимитовой и бурой метакристаллитовой зон и непосредственного перехода от низких температур неизменной зоны в область высоких (выше 1470°C) температур стабильно кристаллитовых зон кирпича.

Эти работы помогали промышленности в ее стремлении быстрее перестроиться в обстоятельствах военного времени в связи с перебазированием производства огнеупоров с Украины и других временно оккупированных районов на Урал.

Ранее было описано разрушение динасового кирпича на контакте с шамотом в стекловаренной печи [650], наблюдавшееся в 1927 г. на стеклозаводе «Дружная Горка». Позже (1936 г.) подобное явление наблюдал Б. В. Иванов на Мариупольском металлургическом заводе также на стыке динаса с шамотом [539]. Д. С. Белянкин и Б. В. Иванов описали другой случай взаимодействия в сты-

ке динасового свода с магнезитовой стенкой, имевший место в 1941 г. [280]. Здесь непосредственная встреча двух разнородных огнеупоров не привела к катастрофе, но вызвала коррозионные новообразования иного химико-минералогического характера, чем в первых двух примерах. В месте контакта в данном случае возникли большие кристаллические децдриты клиноэнстатита совместно с энстатитом, а также диопсидом, кристобалитом и магнетитом.

Наряду с динасом и шамотом магнезит, как известно, принадлежит к важнейшим огнеупорам, которые применяются в металлургической промышленности. В мартеновских печах для плавки стали используется магнезитовый кирпич при кладке их стен, магнезитовый порошок для наварки подин, а разные магнезитовые подмазки и торкретмассы — при текущем ремонте футеровки печей. Несмотря на то что существовала литература, посвященная этим огнеупорам, она не отвечала на все вопросы, имеющие теоретический и прикладной интерес. В связи с этим Д. С. Белянкин совместно с Б. В. Ивановым провели в 1937 г. химико-минералогическое изучение одного магнезитового кирпича с Мариупольского завода [223]. Эксперименты показали, что во время своей службы кирпич испытал значительные химико-минералогические изменения зонального характера. Напомним, что Д. С. Белянкин уже ранее наблюдал зональные изменения в других огнеупорах — в динасовых кирпичах [190]. У магнезитового кирпича, как и у динаса, были обнаружены также четыре зоны, не считая магнезитовой подмазки: 1) неизменная, 2) переходная, 3) светло-серая, 4) темно-серая до черной, 5) магнезитовая подмазка. Подобно динасовому кирпичу, здесь наблюдалась миграция окислов; максимумы на кривых содержания TiO_2 и Al_2O_3 наблюдались в переходной зоне.

В результате проведенной работы Д. С. Белянкин и Б. В. Иванов установили, что в процессе службы в печи магнезитовый кирпич испытал значительные химико-минералогические изменения зонального характера.

Неизменная зона толщиной 120 мм буроватого цвета; примерно на 90% она состоит из почти чисто магнезиального периклаза и на 10% — из силикатов и окиси железа. Из силикатов монтичеллит резко преобладает над форстеритом. Содержание извести составляет 1,98%.

Переходная, вторая зона бурая, со светлыми пятнами; толщина ее 50 мм. По минералогическому составу она близка к предыдущей, но окислы железа начинают вхо-

дить в молекулу периклаза. Монтichelлит здесь еще резко преобладает над форстеритом. Содержание извести 4,82%.

Третья, светло-серая зона, толщиной от 40 до 60 мм. Количество силикатов здесь возрастает до 20% с лишним; наблюдается весьма сильное преобладание монтichelлита. В периклазе 2,5% закиси железа; содержание извести здесь достигает максимума — 6,2%.

Четвертая, серо-черная зона, толщиной 0—20 мм, содержит 33% силикатов, среди которых мало монтichelлита и много форстерита. Периклаз содержит свыше 15% окислов железа и марганца, но преобладает закись железа; окись кальция составляет здесь 2,64%.

Пятая зона — магнезитовая подмазка толщиной 20 мм. Цвет серо-черный, строение брекчиевидное. В отношении химии и минералогии она примыкает к четвертой зоне. Силикаты, преимущественно форстерит, составляют свыше 50%. Закись железа отмечается не только в периклазе, но и в форстерите. В периклазе концентрация окислов железа и марганца достигает 35% и больше.

В 1939—1952 гг. Д. С. Белянкин и Б. В. Иванов провели петрографические исследования хромито-доломитовых огнеупоров [255, 385] и опытного хромито-магнезиально-доломитового огнеупора [434].

Заключая раздел по огнеупорам в металлургии, следует подчеркнуть особое практическое значение работ Д. С. Белянкина для понимания характера изменения огнеупоров в процессе их службы и для улучшения их качества. Что касается закономерностей, установленных Дмитрием Степановичем в изменении химико-минералогического состава динаса и названных им «законом динаса», то эти исследования полностью сохраняют свое значение и в настоящее время.

Шлаки

Металлургическими шлаками Д. С. Белянкин начинает интересоваться на рубеже 30-х годов. Этот интерес, по крайней мере по времени, совпал у него со встречей с загадочным камнем, привезенным с севера в 1928 г. в петрографический отдел Геологического музея АН СССР. Образец каменной породы был найден в песках устья р. Кумжи Южного острова Новой Земли [121]. Он представлял собой эллипсоидальный валун длиной около 10 см, в поперечнике 5 см, светло-серого цвета, крупнозернистый и легкий на вес. Первое впечатление было, что это вулканическая пем-

за, но детальное рассмотрение показало, что это не природный камень. В его шлифе были обнаружены таблички геленита; это навело на мысль об искусственном происхождении камня и о том, что, скорее всего, это доменный шлак. Химический анализ подтвердил догадку, но возник вопрос: как шлак оказался на Новой Земле?

Д. С. Белянкин обратился с таким вопросом к металлургу М. А. Павлову, который совершенно определенно ответил, что это английский камень, который представляет собой доменный шлак завода, расположенного около порта Мидлсбро. Удельный вес камня оказался $0,7 \text{ г/см}^3$, а перенес его от восточного берега Англии до Новой Земли Гольфстрим, огибающий берега Англии и направляющийся отсюда на северо-восток, мимо Скандинавии, к Новой Земле. По справке того же Павлова, доменные шлаки на заводе выливают непосредственно в море, в порядке самого доменного процесса. Эта догадка нашла подтверждение в другом случае, когда в 1929 г. научная сотрудница Н. П. Лупанова доставила валун с Мурманского побережья Кольского полуострова. Он взят на восточном берегу губы Медвежьей и внешне был похож на камень с Новой Земли, но минералогический анализ показал в нем вместо геленита исключительное преобладание минерала монтichelита. Химический анализ позволил М. А. Павлову сделать заключение, что кольский шлак — американский из Пенсильвании. Здесь печи находятся в долине р. Лигай, впадающей в залив Делавэр, далее течение уносит воды в Атлантику. Таким образом, и второй доменный шлак был доставлен на Мурманское побережье тем же Гольфстримом.

Изучение металлургических шлаков, кроме теоретического значения, представляет большой практический интерес. Их химико-минералогический состав и микростроение одновременно с составом и микроструктурой металла отражают правильность того физико-химического процесса, в результате которого возникают как металл, так и шлак.

Следует еще подчеркнуть, что многие шлаки не принадлежат к числу простых отходов: из них делают шлаковые цементы, шлакопортланд-цементы и каменное литье. Изготавливают черный динас, применяют в стекольной промышленности как добавки к шихте. Металлургические шлаки представляют собой важный объект изучения технической петрографии. По степени их изученности сегодня они занимают, вероятно, одно из первых мест среди других представителей технических пород [432].

По объему производства среди разнообразных металлургических шлаков первое место занимают доменные шлаки от выплавки чугуна, в значительно меньшем, но тоже в большом количестве получают сталеплавильные шлаки (мартеновские, электропечные, конверторные).

Примерно за последнюю половину века возникли новые металлургические производства, а вместе с ними и новые типы шлаков: феррохромовые, ферромолибденовые, ферровольфрамовые, силикомарганцевые, электросварочные, ванадистые, переделные — мартеновые, бессемеровские, а также много разновидностей шлаков цветной металлургии. Наряду с этим происходит частичное изменение химического состава шлаков в таких давно известных процессах, как доменный и мартеновский. В составе тех или иных шлаков в настоящее время находится до 30 различных окислов и элементов, но главными из них и наиболее существенными остаются лишь семь, а именно SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O , MnO , CaO , MgO , все остальные количественно играют в большинстве шлаков более подчиненную роль. При известной аналогии в химизме некоторых шлаков и магматических горных пород имеются и черты весьма существенного различия между ними.

Переходя к минералогическому составу шлаков, следует сказать, что в них, как и в магматических горных породах, преобладающими минералами являются силикаты; главные среди них — ортосиликаты и метасиликаты, а в доменных шлаках — также алюмосиликаты и более частые из них меллилиты. Весьма распространенные в горных породах полевые шпаты редко встречаются в металлургических шлаках. Кроме силикатов, значительную роль в шлаках играют соединения типа $n\lambda\text{O}$ и $m\lambda_2\text{O}$, например шпинели, хромиты, ферриты, алюмоферриты кальция и др. Некоторые шлаки в довольно значительных количествах содержат титанаты (перовскит, пирофанит, гейкилит, ильменит). Более редки окислы, в том числе периклаз, затем корунд, β -глинозем, манганозит, известь, окислы хрома, кристобалит, тридимит, полутораокись (Ti_2O_3) и одноокись (TiO) титана и т. д. В разделе о шлаках книги «Петрография технического камня» [432] В. В. Лапин напоминает, что, по подсчету Фогта, в 1912 г. число шлаковых минералов не превышало 40, а за истекшее время их перечень стал почти втрое больше.

Д. С. Бебянкин заинтересовался, в частности, монтичеллитом в мартеновском шлаке с Урала, хранившемся в Минералогическом музее Ленинградского политехнического

го института и переданном туда в свое время В. Е. Грум-Гржимайло. В статье о системе монтичеллита и положении в ней изучавшегося минерала Д. С. Белянкин и Б. В. Иванов [137, 138] на основании литературных данных устанавливали связь между его химическим составом и оптическими свойствами — светопреломлением, двупреломлением и углом оптических осей. Химико-минералогическая проверка на образце шлака с Урала показала, что кривые в общем довольно правильно отражают зависимость оптических данных от химического состава монтичеллита. Позже (в 1934 г.) Д. С. Белянкин, К. М. Феодотьев и Х. С. Никогосян продолжали изучение монтичеллита [189]. Как известно, монтичеллит встречается в некоторых контактных и изверженных породах. Природный монтичеллит имеет мало железа и по составу приближается к чистому CaMgSiO_4 . Искусственный монтичеллит особенно часто образуется в американских доменных шлаках, где вместо известняка добавляют к шихте доломит. Большое количество монтичеллита, содержащего закись железа, образуется в мартеновских шлаках.

В противоположность природным разновидностям искусственный монтичеллит содержит железо и марганец, причем магниальный, железистый и марганцевый монтичеллиты образуют изоморфные смеси друг с другом в любых соотношениях. Изучение физических свойств этих твердых растворов в связи с их химизмом имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как может оказать помощь при оценке химического состава исходных материалов без применения химического анализа. Для такого изучения Д. С. Белянкин с соавторами [189] синтезировали пять монтичеллитов с различными добавками Mg_2SiO_4 к исходному составу $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$. Температуры кристаллизации чистого магниального монтичеллита и чистого железистого монтичеллита оказались весьма различными и при быстром охлаждении расплавов в связи с выделением магнетита; на первых этапах кристаллизации все промежуточные монтичеллиты отличались заметной зональной структурой. Зональность, а также некоторое наблюдавшееся отклонение химического состава опытных образцов от теоретического состава монтичеллита $(\text{CaO} \cdot (\text{MgFe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2)$ могли сказаться на результатах исследования. Однако полученные величины физических свойств образцов при сопоставлении с химическим составом так хорошо легли на прямую линию, что вывод об очень совершенном изоморфизме в ряду магниально-же-

лезистых монтичеллитов может считаться вполне обоснованным.

В 1932 [151] и 1933 г. [167] Д. С. Белянкин и Н. А. Торопов опубликовали результаты минералогического изучения свинцового шлака с содержанием цинка с Риддерского завода. В нем были обнаружены силикаты двух типов: фаялитового и геленитового. Фаялитовый тип количественно преобладает; авторы склонны сделать заключение, что фаялитовый минерал — это репперит-изоморфная смесь: Fe_2SiO_4 и Zn_2SiO_4 . Минерал геленитового типа, по их мнению, представляет собой изоморфную смесь геленита ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) и гардистонита ($2\text{CaO} \cdot \text{ZnO} \cdot 2\text{SiO}_2$). Среди силикатов более или менее равномерно распределены сульфиды в виде тонких непрозрачных скелетов черного цвета; здесь сульфиды железа, свинца и меди. Позже (в 1935 г.) В. Фабер изучал подобные шлаки и нашел в них оливин, фаялит и монтичеллит с вилемитом и твердым раствором этих минералов [661].

Одну из своих работ, проведенных совместно с Н. А. Тороповым, Д. С. Белянкин посвятил изучению микроструктуры некоторых известково-алюминатных расплавов [199, 200]. Они образуются в доменных и электропечах. Авторы установили, что наблюдавшиеся ими микроструктуры шлаков широко распространены в магматических горных породах. Здесь очевидна аналогия природных и технических процессов.

К концу 30-х годов относится работа по изучению минералогического состава одного марганцовистого шлака [244]. Он был получен из экспериментальной лаборатории Комбината твердых сплавов. Образовался шлак при выплавке по термитному методу металлического марганца из чистурской марганцевой руды. Возникал практический вопрос, можно ли использовать этот шлак в качестве вяжущего вещества. Его минералогический анализ, выполненный Д. С. Белянкиным и И. М. Шумило, дал отрицательный ответ на этот вопрос; содержащийся в шлаке кальциевый двуалюминат ($\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$), как известно, цементными свойствами не обладает. Авторы склонны рассматривать этот шлак как огнеупор и отчасти как абразив.

Кристаллизацию мервинита наблюдали (1938 г.) Д. С. Белянкин и Л. И. Корчемкин в одном уральском мартеновском шлаке [242]. Правда, микроскопическое исследование таблитчатых кристаллов позволило авторам признать их за мервинит, хотя они не вполне мономинеральны, поскольку мервинит пронизан в них многочислен-

ными мелкими кристалликами шпинели. Имеющиеся в шлаке призматические кристаллики представляют собой монтичеллит, который сопровождается в данном случае еще мервинитом, а также короткостолбчатыми кристалликами геленита и мелкой сыпью из шпинели. Для всех четырех кристаллических фаз авторы получили кристаллооптические константы, а мервинит как впервые обнаруженная в шлаке минеральная фаза был подвергнут химическому анализу.

Через десять лет (1948 г.) Д. С. Белянкин, но уже совместно с В. В. Лапиным, вновь вернулся к мервиниту в шлаках [359]. Теперь они изучали шлаки отвального типа, получившиеся от плавки в футерованной магнетитом дуговой электропечи пятиокси ванадия с введением в шихту извести, ферросилиция и металлического железа. Их интересовал парагенезис мервинита и двухкальциевого силиката ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), который они исследовали в двух разных образцах. Было установлено, что в обоих шлаках мервинит играет весьма значительную роль.

В парагенезисе с ним находится β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, чистый или имеющий в твердом растворе небольшую примесь $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$. Авторы пишут в заключение, что все полученные ими результаты должны быть приняты во внимание при разработке диаграммы $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{SiO}_2$ в связи с проблемой применения металлургических шлаков в технологии вяжущих веществ.

Отсылая читателей за подробностями к капитальной монографии Д. С. Белянкина, Б. В. Иванова и В. В. Лапина «Петрография технического камня» [432], далее мы лишь кратко охарактеризуем ряд исследований, проведенных Д. С. Белянкиным вместе с В. В. Лапиным.

В 1941 г. они опубликовали статью, посвященную разнообразным шлакам Зестафонского завода ферросплавов на Кавказе [282]. Первоначально образцы шлаков были собраны В. В. Лапиным (1936 г.), который изложил результаты своих исследований в 1938 г. Дополнительный материал был собран в 1939 г. Д. С. Белянкиным. Существенной составной частью шлаков от выплавки ферромарганца является тефроитовый минерал, представляющий собой твердый раствор Mn_2SiO_4 и Ca_2SiO_4 с небольшой добавкой $(\text{Mg}\cdot\text{Fe})_2\text{SiO}_4$. Кроме них, в таких шлаках находятся сульфиды (MnS , CaS , FeS), а если в шлаках много марганца, то и манганозит (MnO). В шлаках от выплавки ферромolibдена содержатся кристобалит, пироксен и немного стекла. Впервые был изучен шлак от выплавки

силикомарганца, состоящий на 84,3% из марганцевого пироксена бустамитового ряда с 72,31% $(\text{Mn, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ и 27,69% $(\text{Ca, Mg})\text{SiO}_2$, остальное — стекло, сульфиды, барит, графит. Выплавка металлического марганца дает шлаки, содержащие известковый диалюминат $(\text{CaO} \times 2\text{Al}_2\text{O}_3)$, марганцевую шпинель и марганцевый дипентаалюминат марганца $(2\text{MnO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3)$, а также алабандин (MnS) и минерал, близкий к нормальному β -глинозему. При производстве хром-алюминия получился шлак, состоящий из корунда. Все шлаки, содержащие различные формы глинозема, должны иметь практический интерес при изготовлении огнеупоров, абразивов и т. д.

Много позже (в 1946 г.) зестафонскими высокоглиноземистыми шлаками Д. С. Белянкин и В. В. Лапин занимались совместно с Ю. П. Симановым, изучая содержащийся в них известковый гексаалюминат кальция [337].

В 1942 г. Д. С. Белянкин и В. В. Лапин изучают кристаллическое строение высокоглиноземистых доменных шлаков [291—292]. Выплавляемые на ряде уральских заводов, они использовались в качестве клинкера высокоглиноземистого цемента и представляли практический интерес, а изучение их свойств помогало установить и усовершенствовать петрографический контроль их производства. Как особенно быстротвердеющие они имели большое практическое значение. В результате исследования были установлены особенности их кристаллизации и микроструктуры: 1) одноприемная кристаллизация порфиroidных вкрапленников; 2) дифференциация основной массы с выделением мономинерального остатка; 3) микропегматитовая структура неэвтектических составов; 4) явления неравновесия в относительно медленно кристаллизующихся массах; 5) отсутствие явления резорбции при ликвидации теоретических неравновесий.

Описанные явления характеризуют не только высокоглиноземистые шлаки; они должны возникать в других системах, как искусственных, так и природных, и могут служить для объяснения особенностей тех или иных природных процессов: структурных гранитов (одноприемная кристаллизация), порфиоров (кристаллизация в два приема), пегматитообразования (не обязательно эвтектидного), габбро (неравновесное кварцево-оливиновое габбро), тешенита (анальцимовые остатки) и т. д.

Очередное исследование, выполненное в 1943 г. Д. С. Белянкиным и В. В. Лапиным, было проведено над передельными шлаками Урала, содержащими V_2O_5 ; об-

разцы их были получены с Чусовского завода [302]. Эти шлаки по общим структурно-минералогическим особенностям приближаются к некоторым природным ультрабази-там. В их минералогическом составе основное участие принимают силикаты — оливин и отчасти моноклинный пироксен, а также своеобразный хромово-ванадиевый шпинелид.

Изучение ванадиевых шлаков имело не только теоретическое, но и практическое значение. Возникающие в результате основного мартеновского передела ванадистых чугунов Урала шлаки заимствуют из них весь или почти весь ванадий. В результате получается своеобразный полупродукт с содержанием до 5% и выше трехоксида ванадия (V_2O_3), которая при обжиге полученного продукта при 800—900° С с добавкой сильвинита окисляется до пятиоксида (V_2O_5) с образованием ванадатов, выщелачиваемых затем водой или разведенной кислотой. И совершенно очевидно, что для процентного выхода растворимых ванадатов совсем не безразлично, в каких именно минералах шлака более всего сосредоточивается ванадий. Вот почему важно было установить точную минералогическую характеристику шлаков. обстоятельное химико-минералогическое изучение показало, что они необыкновенно сложны в химическом отношении, и в их валовом составе присутствуют 9—10 отдельных окислов, более или менее равноценных в количественном отношении.

Подобная сложность была установлена в изоморфно-молекулярном составе всех без исключения минералов, слагающих эти шлаки (оливин, пироксен, шпинелид). В связи с особенностями шлаков получается практический вывод — рассчитывать шихту при мартеновском переделе ванадистых чугунов так, чтобы образовались исключительно биминеральные — беспироксеновые — шлаки. Дальнейшую работу по изучению ванадия в шлаках Чусовского завода Белянкин и Лапин провели в 1946 г. [341].

Чтобы добиться полного извлечения ванадия при химической переработке шлаков, на этом же заводе был построен бессемеровский цех с целью отказа от мартеновского передела ванадистых чугунов. Это в свою очередь заставило провести минералогическое изучение бессемеровских шлаков. Один из его образцов был подвергнут химическому анализу. Сравнение его с анализом мартеновского шлака показало, что бессемеровский значительно беднее кремнеземом, глиноземом, марганцем, магнием и кальцием и, наоборот, в 2 раза богаче ванадием и в 3 ра-

за — хромом, чем чусовской мартеповский шлак. При изучении минерального состава было установлено, что в бессемеровском шлаке шпинелиды преобладают над силикатной частью (75,6 и 24,4% соответственно), а в мартеповском, наоборот, преобладали силикаты (56% на 40% шпинелида). Поскольку при химическом переделе ванадиевых шлаков ванадий много легче извлекается из их шпинелидной части, чем из силикатной, практически бессемеровский процесс для извлечения ванадия выгоднее, чем мартеповский.

Как видим, практическая значимость проведенных Д. С. Белянкиным и его сотрудниками петрографических исследований шлаков достаточно велика, если к тому же учесть, что при его консультации В. В. Лапиным был разработан способ контроля основного мартеповского процесса выплавки стали методом петрографического анализа шлаков, причем отдельные плавки длятся до 6—7 ч. Этот метод был с успехом применен на Кузнецком металлургическом заводе петрографом Т. В. Мемненовой.

Что касается использования наблюдений над шлаками для проведения аналогии с природными процессами, то и здесь были получены интересные материалы, особенно на примере изучения кристаллизации и структур высокоглиноземистых шлаков.

Петрография и цементное производство

При изучении петрографии технического камня Д. С. Белянкин со своими сотрудниками уделили внимание продуктам цементного производства. Согласно его таблице [143, 210, 432], в которой он сопоставлял петрографические, генетические и структурные типы горных пород с их техническими аналогами, цементный клинкер он отнес к метаморфическому типу, а цементные растворы разного типа — к осадочным горным породам.

Весьма практически ценный, быстротвердеющий глиноземистый цемент получают при спекании или сплавлении боксита с известняком. В боксите обычно присутствует большое количество титановых соединений, которые входят в цемент. Поэтому перед Д. С. Белянкиным встала задача выявить влияние титана на качество готового цемента. Для этого им совместно с Г. П. Дмитриевым [230] были синтезированы сплавы, состоящие из чистых алюминатов кальция ($5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), в которые вводилось дополнительно 3,5 или 10% TiO_2 . При этом бы-

ло установлено, что кальций входит в соединение с титаном, давая титанат кальция типа перовскита, который выделяется в виде мелких кристалликов в теле алюминатов, не давая с ними твердых растворов. При этом несколько увеличивается количество высокоглиноземистого алюмината. Так как перовскит никак не реагирует с водой, то в цементе он играет только роль инертного вещества и в связи с этим совсем не влияет на свойства цемента.

Описанные ранее явления контактных минералообразований в стекольном и металлургическом производствах были обнаружены в 1944 г. также в цементных печах и в печах для обжига извести [313]. Д. С. Белянкин и Б. В. Иванов указывают, что минералообразование здесь носило экзоконтактный характер и сопровождалось образованием оригинальных зональных структур и защитных корочек на огнеупорах во время их службы. К более редким явлениям принадлежали эндоконтакты в виде алюминатных глазурей на шамоте стекловаренных печей или железистых шлаков на динасе шлаковиков в мартенах и т. п. Продолжая заниматься контактными образованиями, они исследовали два образца из печи для получения вяжущих веществ. Одним из них был шамотный кирпич, извлеченный с порога цементной вращающейся печи. Во время пребывания в этой печи кирпич взаимодействовал с клинкерной массой и покрылся довольно толстой контактной корой. Кирпич светло-серого цвета, кора светло-бурая, плотно скрытокристаллического строения; ее толщина до 1 см; контакты между ней и шамотом повсюду достаточно четкие. По трещинкам в шамоте из коры в его тело проникают мелкие неправильные жилки — апофизы из прозрачного зеленого стекла. Микроскопическое исследование коры показало ее сферолитовое строение из тонких взаимных прорастаний геленита (39,53%) и псевдоволластонита (60,47%) в том виде, в каком это свойственно типичным эвтектическим структурам. Химический анализ коры таков (в вес. %): O_2 — 38,52, TiO_2 — 0,81, Al_2O_3 — 13,43, Fe_2O_3 — 2,11, MgO — 0,35, CaO — 42,59, $(K, Na)_2O$ — 1,43, п.п.п. — 0,02, сумма — 99,86.

Второй образец шамотного кирпича находился в кладке известьобжигательной печи: кирпич был изготовлен в 1939 г. на Боровичском заводе и прослужил в печи 9 месяцев в верхней части зоны обжига. Первоначальная толщина его была 25 см, но за время службы она сократилась до 3—7 см. Шамот светло-желтого цвета; он покрыт плотной светло-бурой пленкой эндоконтактной породы, напо-

минающей карст в миниатюре. Здесь преобладают анортит и волластонит, а геленит и псевдоволластонит отступают на второй план, образуя выделения местного значения. Очень мелкие кристаллики пироксена отложились между скелетами других минералов. Химический анализ этой коры (в вес. %): SiO_2 — 43,30, TiO_2 — 1,00, Al_2O_3 — 21,18, Fe_2O_3 — 1,41, FeO — 0,21, MnO — 0,06, MgO — 0,47, CaO — 31,60, K_2O — 0,95, Na_2O — нет, $\text{H}_2\text{O}_{110^\circ}$ — 0,08, P_2O_5 — следы, п.п.п. — 0,08, сумма — 100,34.

Д. С. Белянкин и Б. В. Иванов в заключение изобраили участок тройной диаграммы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и нанесли на нем фигуративные точки составов описанных контактных минералообразований. Первая точка, соответствующая составу новообразования из цементной печи, оказалась в анортитовом поле на изотерме 1400°C в довольно заметной отдаленности от тройной эвтектики анортит—геленит—псевдоволластонит, имеющей температуру 1265°C . Фигуративная точка второго новообразования в известковой печи лежит в геленитовом поле на изотерме 1350°C , вблизи двойной эвтектики геленит—псевдоволластонит с температурой 1316°C . Разницу в составах и положении их на тройной диаграмме можно объяснить их происхождением: один из кирпичей оставался неподвижным в течение всей многомесячной службы в печи, а другой кирпич хотя служил и недолго, но зато находился в непрерывном движении, когда на нем не мог образоваться защитный слой.

Петрография и керамика

Ранее кратко упоминалось о работах, проведенных под руководством Д. С. Белянкина по микроскопии керамического сырья. Самим Д. С. Белянкиным был опубликован ряд исследований по керамическому сырью [186, 197, 198]. Что касается собственно керамики, то, как известно, первая работа Д. С. Белянкина по технической петрографии (1921 г.) относилась именно к керамике и касалась микроскопии алунда (корунда). Позднее (в 1933 г.) Дмитрий Степанович писал об исследованиях по микроструктуре фарфора, в частности по характеру его пористости, проводившихся под его руководством Г. А. Соколовым. В этой же статье он отмечал, что, «оказывая услуги керамике, минералогия и сама немало выигрывает от этих услуг, поскольку таким путем она весьма расширяет круг своих исследований и укрепляет свою материальную и теоретическую базу».

В дальнейших работах по керамике Белянкин вновь возвращался к корундовой керамике (1935 г.), экспериментально выявив благоприятное влияние различных добавок, особенно FeCl_3 , в качестве минерализатора при получении зинтер-корунда [192, 193].

Особенно велика была заслуга Д. С. Белянкина в получении совместно с технологами оптимальных микроструктур корундовых изоляторов запальных свечей для авиамоторов. Чисто петрографическая часть этих исследований была частично опубликована в 1950 г. Благодаря этим работам удалось получить изоляторы, не уступающие по своим свойствам лучшим образцам подобных изделий иностранных фирм того времени. Эти исследования помогли надлежащей работе авиационных моторов во время Великой Отечественной войны.

О современном значении работ Д. С. Белянкина по технической петрографии

Представляют ли исследования Д. С. Белянкина по технической петрографии интерес для современности и какой именно? На этот вопрос может быть дан только один и вполне положительный ответ.

Д. С. Белянкин явился тем ученым, который глубоко и систематически интересовался техническими камнями как минералого-петрографическими объектами. Он сумел по-новому подойти к их исследованию, добившись того, что ранее спорадически появлявшиеся отдельные исследования в этой области (А. П. Карпинский, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Фогт и др.) в наше время слились в мощный поток систематически проводящихся работ большого коллектива ученых как минерально-петрографического, так и технологического профиля. В этом можно было убедиться при рассмотрении работы секций технической петрографии десяти всесоюзных совещаний по экспериментальной и технической петрографии, проведенных с 1932 по 1978 г. На некоторых из них рассматривались и обсуждались такие прогрессивные современные разновидности технического камня, как стеклокристаллические материалы, железорудные окатыши, различные новые высококачественные огнеупоры, керамика и т. д.

Все это хорошо иллюстрирует значение для современности созданной Д. С. Белянкиным отрасли петрографической науки — технической петрографии [554, 555].

Второе, на что следует обратить внимание при оценке современного значения работ Д. С. Белянкина по технической петрографии, — это его многолетняя педагогическая деятельность в ряде вузов, о чем уже говорилось. И сейчас это наследие Д. С. Белянкина находит дальнейшее развитие в крупных вузах нашей страны.

Не без влияния научных идей Д. С. Белянкина работы по минералогии и петрографии технического камня в настоящее время развиваются во всех крупных отраслевых научных институтах промышленности (металлургической, силикатной, строительных материалов и т. д.), в ряде институтов Академии наук СССР и академий наук союзных республик.

Не имея возможности перечислить здесь все институты, в которых ведутся исследовательские работы по технической минералогии и петрографии, остановимся на одном важном аспекте современного значения работ Д. С. Белянкина по технической петрографии.

Исследования, проводившиеся Белянкиным и его учениками совместно с технологами-строителями, силикатчиками и металлургами, позволили установить возможность использования отвальных шлаков для получения разнообразных строительных материалов. В 1947 г. по инициативе Всесоюзного совета научно-технических обществ (ВСНИТО) была создана комиссия из 22 человек (петрографы, физики, химики, строители, металлурги) под председательством В. В. Лашина для выработки мероприятий по использованию доменных и мартеновских шлаков. За несколько месяцев работы эта комиссия составила конкретные предложения, которые были рассмотрены и утверждены на заседании Президиума ВСНИТО, а затем переданы для внедрения заинтересованным организациям. Насколько эффективным может быть такое использование, видно на примере металлургического завода «Азовсталь». Полная реализация шлаков на этом заводе дала ему в 1972 г. 7,5 млн. руб. прибыли, что составило примерно 10% всей прибыли завода, а таких заводов в СССР десятки. Экономические расчеты показали, что при полной переработке всех доменных и сталеплавильных отвальных шлаков может быть получен эффект примерно 350—400 млн. руб. Следует иметь в виду также и экономическое значение существования шлаковых отвалов, засоряющих окружающую среду вредными газами и пылью.

В настоящее время, к сожалению, еще нет полного использования отвальных шлаков в народном хозяйстве, од-

нако при прогнозировании новых металлургических предприятий (заводы, цехи) теперь обязательно предусматривают безотходное производство металла с использованием шлаков для производства строительных и иных материалов.

В своей статье о встречах с Д. С. Белянкиным академик А. В. Сидоренко писал: «В 20-е годы, когда Д. С. Белянкин начал работать с техническим камнем, казалось, что эти работы имеют лишь косвенное отношение к петрологии и вообще геологии и носят чисто прикладной — частный характер. Сейчас это направление выросло в самостоятельную крупную научную отрасль для металлургии, промышленности строительных материалов» [604].

2 апреля 1981 г. А. В. Сидоренко, выступая на торжественном заседании по поводу вручения ИГЕМу АН СССР ордена Трудового Красного Знамени, дал положительную оценку деятельности Д. С. Белянкина как создателя технической петрографии — науки, стоящей на грани геологии и технологии и несомненно имеющей большие перспективы дальнейшего развития.

Оценивая деятельность Д. С. Белянкина, можно с полным правом сказать, что он с честью выполнил огромную научно-организационную работу по созданию технической петрографии, а своими личными многочисленными научными исследованиями в области этой науки показал ее значение для понимания ряда природных процессов и особенно для оказания петрографо-минералогической помощи производству многих разновидностей технического камня.

Важнейшие даты жизни и деятельности Д. С. Белянкина

- 1876 — 11(23) августа. Родился в дер. Ламанихе Вологодской губернии Вологодского уезда.
- 1891 — окончание Вологодского духовного училища.
- 1891 — 1897 — обучение в Вологодской духовной семинарии.
- 1897 — 27 сентября принят в Юрьевский (ныне Тартуский) университет на физико-математический факультет.
- 1901 — окончил Юрьевский университет со степенью кандидата химии после защиты работы об аллотропии теллура и начал работать при университете в Химической лаборатории Г. А. Таммана. Кандидатская работа была выполнена под руководством Г. А. Таммана и опубликована в журнале Рус. физ.-хим. о-ва в 1901 г., т. 33, вып. 8.
- 1901 — декабрь. Находится под негласным надзором полиции.
- 1902 — бракосочетание с Ольгой Евгеньевной Рождественской.
- 1902 — 9 апреля — 9 августа. Арест и четырехмесячное заключение в Венденской тюрьме за «государственное преступление» — участие в студенческих волнениях.
- 1902 — 9 августа — 1903 — 9 апреля. Административная ссылка в Вологодскую губернию. Работал над переводом на русский язык немецкой книги Р. Браунса «Химическая минералогия» по поручению проф. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга.
- 1903 — 1 мая. Зачисление младшим лаборантом СПб. политехнического института по кафедре минералогии и геологии металлургического факультета. Зачисление состоялось по представлению Ф. Ю. Левинсон-Лессинга.
- 1904 — летние месяцы. Командирован Советом Политехнического института в Германию, Австро-Венгрию и Швейцарию. Посещение университетов, высших технических школ и ознакомление с преподаванием геологии и минералогии.
- 1905 — 1 февраля. Утверждение в должности старшего лаборанта кафедры минералогии и геологии Политехнического института.
- 1906 — июль. Посещение Северского завода (Средний Урал).
- 1907 — май—июль. Посещение Северского, Полевского, Каслинского и других заводов (Средний Урал).
- 1910 — июль—август. Поездка в Сысерть, Кыштым, Уфалей, Касли; Соймоновские золотые прииски; месторождения корунда, Карабашский медный рудник (Средний Урал).
- 1909 и 1911 — начало кавказских геологических экспедиций: Красная Поляна, Нальчик, Архотский перевал, Курсеби, Шаропани, Военно-Осетинская дорога.
- 1912 — июль. Экспедиция в район Миасса в Ильменских горах.
- 1912 — июль—август. Экспедиция в район Казбека, р. Кистинки, Девдоракского и Геналдонского ледников, Дарьяльского ущелья.

- 1913—1914 — июнь—июль. Экспедиция в район Кабардино-Балкарии, Бизингии (Нальчик, лакколит Калько и др.).
- 1916 — 10 мая — 7 декабря, 1917 — 7 февраля. Магистерские испытания в Юрьевском университете в заседании особой Комиссии; представлено сочинение «О происхождении кристаллических сланцев».
- 1917 — 21 февраля. Испытания на степень магистра минералогии и геогнозии выдержал.
- 1917 — экскурсия на северное побережье Кандалакшской губы Белого моря.
- 1918 — начало работ в КЕПСе. Изучение каменных строительных материалов (Петроград).
- 1918—1923 — начало преподавательской деятельности во Втором Петроградском педагогическом институте. По совместительству с преподаванием в Политехническом институте.
- 1920 — 30 апреля. Совет Петроградского политехнического института избирает его профессором по кафедре минералогии.
- 1920—1921 — изучает горные породы на восточном побережье Онежского озера (граниты, диабазы, диориты и пр.).
- 1924 — 1 августа. Назначен на должность научного сотрудника 1-го разряда КЕПС; начало работы на штатной должности в АН СССР (Ленинград).
- 1925 — 1 декабря. Назначение старшим геологом Геологического музея АН СССР (Ленинград).
- 1926 — начало лекций по технической петрографии для студентов Ленинградского политехнического института и Ленинградского химико-технологического института.
- Середина 20-х годов** — начало сотрудничества с силикатными предприятиями. Начальный период развития петрографии технических пород камня. Перенос методов изучения естественных пород на минералы в «технических породах». Зарождение «технической петрографии» как науки.
- 1925—1930 — летние месяцы. Продолжение работ в районе Каслей и Южного Уфалея (Урал).
- 1927 — начало сотрудничества со стекловодом «Дружная Горка» по изучению новообразований в печах и генераторах, а также «камней в стекле». Внедрение петрографического метода в исследование «камней в стекле» и новообразований в генераторах и стекловаренных печах; при участии М. А. Безбородова.
- 1930—1935 — заведует кафедрой минералогии Metallургического института и кафедрой петрографии ЛХТИ (Ленинград).
- 1930 — с 1 октября. Назначение старшим петрографом и заместителем директора Петрографического института АН СССР (Ленинград).
- 1932 — 26 марта. Доклад о «петрографии технического камня» на заседании геологической группы АН СССР (Ленинград).
- 1933 — 1 февраля. Избран членом-корреспондентом АН СССР (Ленинград).
- 1934 — 26—28 апреля. Участие в I совещании по экспериментальной и технической минералогии и петрографии. Доклад «О физико-химическом эксперименте в петрографии» (Ленинград).
- 1934 — 23 мая. Присуждение ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Присуждение состоялось по совокупности работ без защиты диссертации (Москва).

- 1934 — осень. Участие в экспедиции на Кавказ и в Закавказье (Гумистан, Дворечье, Очамчиры, Ткварчели и др.).
- 1934—1935 — участие в работе Консультационного бюро по «Камням в стекле» при ЛОНИТО «Стекло—фарфор». Работа велась в общественном порядке (Ленинград, лаборатория стекла ЛХТИ).
- 1935 — август. Переезд в Москву и руководство Петрографическим институтом АН СССР.
- 1936 — издание книги В. Эйтеля «Физическая химия силикатов». Редактирование и предисловие. Перевод И. В. Беккера, В. Г. Воано, А. А. Александровского (Ленинград).
- 1938—1941 — руководитель кафедры минералогии и полезных ископаемых в заочном Индустриальном институте (Москва).
- 1938 — совместно с Б. В. Ивановым издает книгу «Материалы к изучению динаса и его сырьевой базы» (Москва).
- 1939 — участие в III совещании по экспериментальной и технической минералогии и петрографии. Широкое развитие работ по технической петрографии. Доклад «Петрография на фронте силикатного и металлургического производства» (Москва).
- 1939 (лето) — геологическая экспедиция в Верхнюю Сванетию.
- 1940 (лето) — экспедиция на склоны Главного Кавказского хребта (у перевала Бак).
- 1941 (август) — 1943 (август) — 1. Химико-минералогическое изучение шлаков и др. 2. Геолого-минералогическое изучение неметаллического сырья Урала (главным образом для огнеупоров). Сначала Казань, позже Свердловск.
- 1942 — совещание по изучению неметаллических полезных ископаемых Урала (Свердловск, Миасс).
- 1943 — 27 сентября. Избрание академиком АН СССР (Москва).
- 1943—1945 — руководство петрографическим отделом Института геологических наук АН СССР (Москва).
- 1945 (осень) — экспедиция на Северный Кавказ и в Закавказье.
- 1945—1947 — директор ИГН АН СССР.
- 1945 — награждение орденом Ленина (Москва).
- 1946 — избрание членом Лондонского геологического общества и награждение медалью Волластона.
- 1946 — 23 августа. Семидесятилетие. Награждение вторым орденом Ленина (Москва).
- 1946 (осень) — экспедиция на Кавказ и в Закавказье (Армения, Грузия).
- 1948—1952 — директор Минералогического музея АН СССР (Москва).
- 1948—1952 — руководитель Кольской базы, позже Кольского филиала АН СССР (Кировск).
- 1948 — 10—15 июня. Участие в сессии Кольской базы АН СССР (Кировск).
- 1949 — 3 июня. Избрание академиком-секретарем ОГГН АН СССР (Москва).
- 1949 — 12—23 июня. Поездка на Кольский полуостров для участия в сессии Ученого совета Кольской базы АН СССР (Кировск).
- 1949 — присуждение Президиумом АН СССР золотой медали им. А. П. Карпинского за выдающиеся работы по петрографии.
- 1951 — 8 марта. Инфаркт миокарда.

- 1951 — 6 июня. Выезд на дачу в Амбрамцево и пребывание там до 16 октября.
- 1951 — 23 августа. Семидесятипятое. Награждение орденом Трудового Красного Знамени.
- 1951 — 25—29 октября. Руководство совещанием по филиалам и базам АН СССР. Вступительное слово Д. С. Белянкина.
- 1952 — март. Выход в свет книги «Петрография технического камня».
- 1952 — 17—24 ноября. Руководство совещанием по осадочным породам. Вступительное слово Д. С. Белянкина. Подготовка к нему велась в ОГН с 1950 г.
- 1953 — 3—10 апреля. Всесоюзное совещание по проблеме «Закономерности развития магматизма в связи с полезными ископаемыми». Д. С. Белянкин вел подготовку к нему с 1951 г. Вступительное слово Д. С. Белянкина было зачитано, так как из-за тяжелой болезни он не мог на нем присутствовать.
- 1953 — 20 июня. Кончина от кровоизлияния в головной мозг. Похоронен на Новодевичьем кладбище.

Труды Д. С. Белянкина ¹

1901

1. Об аллотропии теллура.— Журн. Рус. физ.-хим. о-ва, т. 33, вып. 8, отд. 1, с. 670—676.

1904

2. Гипотеза Таммана о границах кристаллического состояния.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Техн. отд-ние, т. 1, вып. 1, с. 230—242; Рец. на кн.: *Tammann Gustav*. Kristallisieren und Schmelzen. Leipzig, 1903.
3. Рец. на кн.: *Lehmann O.* Flussige Kristalle sowie Plastizität von Kristallen im allgemeinen molekularen Umlagerungen und Aggregatzustandsänderungen. Leipzig, 1904. Изв. СПб. политехн. ин-та. Техн. отд-ние, т. 2, вып. 3/4, с. 417—425.
4. Пер. кн.: *Браунс Р.* Химическая минералогия/Пер. с нем. под ред. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. СПб. 453 с.
5. Пер. кн.: *Фукс К.* Таблицы для определения минералов при посредстве внешних признаков и простых химических реакций/Пер. с нем. под ред. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. СПб. 130 с.

1905

6. Краткое руководство по микрохимическому анализу минералов/Сост. по Штрейгу, Беренсу и др. СПб. 39 с.

1909

7. Очерки по петрографии Ильменских гор. 1.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 12, с. 135—166.
8. Пер. кн.: *Фукс К.* Таблицы для определения минералов при посредстве внешних признаков и простых химических реакций: Пер. с 5-го нем. изд. СПб. 139 с.

1910

9. О кыштымите.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 13, вып. 1, с. 89—107.
10. О щелочных горных породах с ледника Райгородского в Туркестане, собранных Г. А. Преображенским.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 13, вып. 1, с. 135—146.

¹ При составлении перечня трудов Д. С. Белянкина были использованы, с внесением необходимых исправлений и дополнений, следующие источники: Дмитрий Степанович Белянкин/Сост. Н. М. Асафова. Материалы к библиогр. трудов ученых СССР. Сер. геол. наук. М., 1941, вып. 5, с. 9—29; Академику Дмитрию Степановичу Белянкину к семидесятилетию со дня рождения и сорокалетию научной деятельности. М., с. 5—26; Вопросы петрографии и минералогии, т. 1; Перечень трудов академика Д. С. Белянкина. М., 1953, с. 7—24.

11. Очерки по петрографии Ильменских гор. 2.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 13, вып. 3, с. 715—732.

1911

12. Петрографические наблюдения в Верхне-Уфалейской даче на Урале.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 14, вып. 3, с. 578—598.
13. Петрографические наблюдения в Верхне-Уфалейской даче на Урале (в сокр. изложении).— Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, т. 42, вып. 1, № 4, с. 185—187.
14. Об альбитовом диабазе из Красной Поляны и о контакте его со сланцем.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 15, вып. 2, с. 363—384. Рез. на нем. яз.
15. Об альбитовом диабазе из Красной Поляны и о контакте его со сланцами.— Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, т. 62, вып. 1, с. 234—235.
16. Об авгитовом порфирите из окрестностей Ананура на Кавказе.— Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, т. 62, вып. 1, с. 721—724.
17. Вывод главнейших формул сферической тригонометрии: Извлечения из Гроссмана и Шевалье. СПб., с. 1—7. Литогр. изд.

1912

18. Таблицы для определения породообразующих минералов. СПб. 4 с. Совместно с И. А. Преображенским. Литогр. изд.
19. Тешенит из Курсеби и его положение в системе горных пород.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 17, вып. 1, с. 1—22. Рез. на нем. яз.
20. Тешенит из Курсеби и его положение в системе горных пород (в сокр. изложении).— Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, т. 43, вып. 1, № 4, с. 155—157.
21. Материалы для петрографии Центрального Кавказа. Архотский перевал — Военно-Грузинская дорога.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 18, вып. 1, с. 1—48.

1913

22. Таблицы для определения минералов. СПб. 25 с. Совместно с И. А. Преображенским. Литогр. изд.

1914

23. Таблицы для определения породообразующих минералов под микроскопом. СПб. 23 с. Литогр. изд.
24. К изучению новейших изверженных горных пород Казбека и его окрестностей.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 21, вып. 1, с. 73—105. Рез. на нем. яз.
25. Ортоклазовый диабаз с реки Генал-дона.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 21, вып. 2, с. 661—666. Рез. на нем. яз.
26. Последовательность кристаллизации полевых шпатов в гранитных породах: (К критике диаграммы состояния $K=Na$ полевых шпатов, предложенной Фогтом).— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 22, вып. 1, с. 259—273.

27. Геологические исследования в области перевальной железной дороги через Главный Кавказский хребет. СПб. Рез. на фр. яз. Совместно с И. М. Кларком, Ф. Ю. Левинсон-Лессингом и др.
28. К петрографии Архотского тоннеля.— В кн.: [27], с. 1—24. Рез. на фр. яз.
29. О дарьяльском граните.— В кн.: [27], с. 1—54. Рез. на фр. яз.
30. Карта: Геологическая карта по линии Архотского тоннеля.— В кн.: [27].
31. Карта: Геологическая карта Дарьяльского гранитного массива.— В кн.: [27].
32. Карта: Геологическая карта части Центрального Кавказа в области проектируемой Перевальной железной дороги.— В кн.: [27]. Совместно с И. М. Кларком, Ф. Ю. Левинсон-Лессингом, В. П. Ренгартемом, А. М. Рябининым, Г. М. Смирновым.
33. Карта: Карта окрестностей Казбека.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 24, вып. 1.

1915

34. Петрографические таблицы: Пособие для практических занятий. 2-е изд., перераб. и доп. Пг. 124 с. Совместно с Ф. Ю. Левинсон-Лессингом.
35. Петрографическая карта Ильменских гор: (Отчет о командировке летом 1912 г.). Пг. 66 с.
36. Опыт петрографической характеристики Бизингии и Балкарии в Центральном Кавказе.— В кн.: Сб. науч. работ, посвященных Ф. Ю. Левинсон-Лессингу. Пг., с. 10—67. Рез. на англ. яз.
37. Опыт петрографической характеристики Бизингии и Балкарии в Центральном Кавказе.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 23, вып. 2, с. 340—405.
38. О минералогическом составе сиенита из Плауэна (Plaunscher Grund, близ Дрездена).— В кн.: Сб. науч. работ, посвященный Ф. Ю. Левинсон-Лессингу. Пг., с. 1—9. Рез. на фр. яз. Совместно с С. И. Томкеевым.
39. О минералогическом составе сиенита из Плауэна (Plaunscher Grund) близ Дрездена.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 23, вып. 2, с. 425—434. Рез. на фр. яз.
40. Неограниты и кварцевые дациты с ледника Дых-Су в Центральном Кавказе.— В кн.: Сб. науч. работ, посвященный Ф. Ю. Левинсон-Лессингу. Пг., с. 1—9.
41. Неограниты и кварцевые дациты с ледника Дых-Су в Центральном Кавказе.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 23, вып. 2, с. 449—457.
42. К практике универсального метода в петрографии.— В кн.: Сб. науч. работ, посвященный Ф. Ю. Левинсон-Лессингу. Пг.
43. К практике универсального метода в петрографии.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 23, вып. 2, с. 1—5.
44. О дифференциации магмы.— В кн.: Сб. науч. работ, посвященный Ф. Ю. Левинсон-Лессингу. Пг., с. 1—20.
45. О дифференциации магмы.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 23, вып. 2, с. 529—548.

46. Об удельном весе и светопреломлении кали-натровых полевых шпатов.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 24, вып. 2, с. 437—452.
47. Карта: Петрографическая карта Ильменских гор.— В кн.: Белянкин Д. С. Петрографическая карта Ильменских гор. Пг.
48. Карта: Геологическая карта Бизингии и Балкарии в Центральном Кавказе.— В кн.: Сб. науч. работ, посвященный Ф. Ю. Левинсон-Лессингу. Пг.
49. Карта: Геологическая карта Бизингии и Балкарии в Центральном Кавказе.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 23, вып. 2.

1918

50. Новейшая кавказская интрузия в бассейнах рр. Ардона и Уруха.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 27, с. 53—63.
51. К исследованию кавказских гранитов.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 27, с. 65—81.
52. Сиенитовый порфир с р. Чу.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 27, с. 83—100.

1919

53. Кристаллография. Пг. 100 с. Литогр. изд.
54. Записка об изучении изверженных горных пород с точки зрения их количественно-минералогического состава.— Изв. Геол. ком., т. 38, № 8/10, с. 492—498.
55. О новых количественно-минералогических классификациях горных пород.— Изв. Геол. ком., т. 38, № 8/10, с. 527—544.
56. Несколько слов о том, как желательнее нам изображать количественный химический состав изверженных горных пород в наших петрографических описательных работах.— Изв. Геол. ком., т. 38, № 8/10, с. 573—581.
57. К вопросу о взаимных отношениях щелочных полевых шпатов. По поводу диаграммы состояния их, предложенной Мекененом.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 28, с. 249—262.
58. Неоинтрузия Центрального Кавказа в истоках р. Фиагодона.— Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 28, с. 263—272. По материалам И. Г. Кузнецова.
59. Неоинтрузия Центрального Кавказа в истоках р. Фиагодона.— Изв. Геол. ком., т. 38, № 8/10, с. 517—525.

1921

60. К микроскопии алунда.— Главсиликат, № 6/7, с. 110—112*.

* В книге Н. М. Асафовой «Дмитрий Степанович Белянкин» (М., 1941, с. 14) и в «Вопросах петрографии и минералогии» (М., 1953, с. 10) (перечень трудов академика Д. С. Белянкина) допущена ошибка: статья «К микроскопии алунда» напечатана в журнале «Главсиликат» не в 1923 г., а в 1921 г. № 6/7, с. 110—112.

1922

61. О полевых шпатах, их свойствах и месторождениях в России.— Главсписок, № 1/2, с. 52—62.

1923

62. Учебник кристаллографии. Ч. 1. Геометрическая кристаллография; ч. 2. Систематика. 2-е изд., испр. и доп. М.: Пг. 141 с. Совместно с Ф. Ю. Левинсон-Лессингом.
63. К петрографии перевала Штулу-Вцек в Центральном Кавказе: (По материалам П. В. Виттенбурга) — Изв. Рос. акад. наук. Сер. 6, т. 17, № 1/2, с. 95—102.
64. Материалы по микроскопическому исследованию гранитов и других изверженных горных пород, испытанных в механической лаборатории Института инженеров путей сообщения в период времени с 1896 по 1912 г.— В кн.: Каменные строительные материалы. Пг., сб. 1, с. 106—145.
65. Наблюдения над выветриванием строительных камней на Лазаревском кладбище Александро-Невской лавры.— В кн.: Каменные строительные материалы. Пг., сб. 1, с. 154—159.
66. Предварительный отчет о результатах поездки на Каменный остров Кубенского озера в Вологодской губ.— В кн.: Каменные строительные материалы. Пг., сб. 1, с. 159—160.

1924

67. Горные породы и полезные ископаемые северного побережья и прилегающих к нему островов Кандалакшской губы Белого моря (по данным экскурсии 1917 г.). М.; Л. 76 с. Совместно с Б. М. Куплетским.
68. Горные породы и полезные ископаемые окрестностей сел. Умбы и Порьей губы: (Предварительный отчет о летних работах 1922 г.). М.; Л. 47 с. Совместно с В. И. Влодавцем, А. Г. Шимпфом.
69. Граниты Олонцкого края.— В кн.: Каменные строительные материалы. Л., сб. 2, с. 1—28.
70. К вопросу о возрасте некоторых кавказских интрузий.— Изв. Геол. ком., т. 43, № 3, с. 409—424. Рез. на фр. яз.
71. К полиморфизму кремневой кислоты.— Изв. Геол. ком., т. 43, № 9, с. 1037—1055. Рез. на фр. яз.
72. Второе издание диаграммы светопреломления кали-натровых полевых шпатов.— Зап. Рос. минерал. о-ва. Сер. 2, ч. 52, с. 197—219.
73. Жидкие кристаллы.— Изв. геохим. секции кружка металлургов и химиков, вып. 1, с. 58—64.
74. Количественно-минералогический состав сиенита из Бьеллы в Пьемонте.— Изв. геохим. секции кружка металлургов и химиков, вып. 1, с. 73—77.
75. Геологические исследования в окрестностях села Поной на восточном берегу Кольского полуострова: Доклад.— Изв. геохим. секции кружка металлургов и химиков, вып. 1, с. 77—94. Совместно с В. И. Влодавцем.
76. Карта: Обзорная карта месторождений гранитов и диабазов на восточном побережье Онежского озера.— В кн.: Каменные строительные материалы. Л., сб. 2, с. 6—7.

77. Карта: Уменьшенная копия съемки гранитных массивов в районе нижнего течения реки Водлы.— В кн.: Каменные строительные материалы. Л., сб. 2, с. 24.

1925

78. Таблицы результатов механических испытаний строительных камней по данным Механической лаборатории им. Н. А. Белецкого при Институте инженеров путей сообщения.— В кн.: Карта месторождений каменных строительных материалов/ Сост. А. Н. Гейслер. Л., с. 3—57. Совместно с М. И. Добрыниным, Н. П. Яхонтовым.
79. Материалы по количественно-минералогическому составу изверженных горных пород.— Изв. Ленингр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 29, с. 203—214. Рез. на нем. яз.
80. К изучению гранито-диабазовых контактов на восточном побережье и на островах Онежского озера.— Изв. Ленингр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, т. 29, с. 215—222. Совместно с А. А. Турцевым.
81. О современном положении системы $Al_2O_3-SiO_2$ — Изв. геохим. секции кружка металлургов и химиков, вып. 1(2), с. 50—61.

1926

82. Предисл. и ред.: Сборник таблиц для определения минералов. Л., 151 с. Совместно с П. Л. Низковским, И. А. Преображенским.
83. Таблицы светопреломления минералов. Л.: Науч.-хим. техн. изд-во. 62 с.
84. О корундовом габброиде из Кыштыма.— Изв. АН СССР. Сер. 6, т. 20, № 9, с. 601—606.
85. Девдоракские интрузии на Северном Кавказе.— Изв. АН СССР. Сер. 6., т. 20, № 10/11, с. 863—868. Совместно с В. П. Ренгартемом.
86. О железистом полевопшпате с острова Мадагаскара.— Изв. АН СССР. Сер. 6., т. 20, № 13/14, с. 1199—1206. Совместно с Н. Г. Сергиевым.
87. К интерпретации Ильменского петрографического комплекса.— Геол. вестн., т. 5, № 1/3, с. 54—58.
88. О научных предрассудках и о железе в полевых шпатах.— Геол. вестн., т. 5, № 1/3, с. 72—74.
89. Материалы по описанию горных пород Калбинского хребта.— Изв. Геол. ком., т. 45, № 10, с. 1131—1165. Рез. на фр. яз.
90. О полевопшпате с горы Железной.— Тр. Ленингр. о-ва естествоиспытателей, т. 56, вып. 1, с. 97—108. Рез. на нем. яз. Совместно с П. Н. Стефановым.
91. О сиените из Бьяеллы в Пьемонте.— Тр. Ленингр. о-ва естествоиспытателей, т. 56, вып. 1, с. 127—136. Рез. на нем. яз.

1927

92. Петрографические таблицы. 3-е изд., перераб. и доп. Л. 137 с. Совместно с Ф. Ю. Левинсон-Лессингом.
93. Об оливиново-кварцевом диабазе с реки Тюнг в Восточной Сибири. Л. 17 с. Рез. на англ. яз.

94. К петрографии восточного побережья Чешской губы.— Изв. АН СССР. Сер. 6, т. 21, № 12/14, с. 967—996. Рез. на англ. яз. Совместно с В. И. Влодавцем.
95. Об «анортклазе» в кавказитах.— Изв. АН СССР. Сер. 6, т. 21, № 12/14, с. 1115—1124. Рез. на англ. яз.
96. On the specific gravity of the potash orthoclase $KAlSi_3O_8$. — ДАН СССР. Сер. А, № 21, с. 347—350.

1928

97. Кристаллооптика. Л. 138 с. Литогр. изд.
98. О воде в магмах и магматических горных породах.— Геол. вестн., т. 6, № 1/3, с. 19—27.
99. О керамическом полевоом шпате.— В кн.: Материалы совещ. по полевоому шпату, 23 и 24 апреля 1928 г. Л., с. 10—19.
100. К микроскопии керамического полевошпатового сырья.— В кн.: Материалы Второго совещ. по полевоому шпату, 5—7 декабря 1927 г. Л., 63—72.
101. К номенклатуре горных пород.— В кн.: Совещ. о научно-технических работах в Республике. Л., вып. 23, с. 21—24.
102. О минералогической номенклатуре.— В кн.: Сообщ. о научно-технических работах в Республике. Л., вып. 23, с. 57—58.
103. О генезисе Кыштымско-Каслинских месторождений корунда на Урале.— В кн.: Сообщ. о научно-технических работах в Республике. Л., вып. 23, с. 74—75.
104. Zur Mullit-Frage. ДАН СССР. Сер. А, № 14/15, с. 279—284.
105. Die Zusammensetzung, Struktur und Entstehung der Stalaktite in den Brennern der Glasschmelzöfen.— Keram. Rdsch., Bd. 34, № 30, S. 573—576; № 31, S. 596—599. Совместно с М. А. Безбородовым.

1929

106. Таблица для перечисления химических анализов порообразующих минералов и горных пород. Л. 4 с.
107. К вопросу о химическом перерождении динаса.— ДАН СССР. Сер. А, № 17, с. 399—402.
108. Двуокись титана в динасе.— ДАН СССР. Сер. А, № 22, с. 507—509.
109. О корундовом габброиде из Кыштыма.— В кн.: Геологический и минералогический сборник. Л., с. 601—606.
110. Девдоракские интрузии на Северном Кавказе.— В кн.: Геологический и минералогический сборник. Л., с. 863—868. Совместно с В. П. Ренгертенем.
111. О железистом полевоом шпате с острова Мадагаскара.— В кн.: Геологический и минералогический сборник. Л., с. 1192—1206. Совместно с Н. Г. Сергиевым.
112. Еще об Ильменском петрографическом комплексе.— Геол. вестн., т. 7, № 1/3, с. 68—70.
113. О силлиманите, муллите и корунде.— Геол. вестн., т. 7, № 1/3, с. 70—72.
114. К постановке вопроса о химико-минералогическом исследовании силикатных систем современной техники.— В кн.: Сб. статей, посвященных проблемам химизации. Л., с. 104—109.
115. О двух наварах из стекловаренных печей завода «Дружная Горка».— Керамика и стекло, № 5, с. 174—177. Совместно с М. А. Безбородовым.

116. Воздействие шихтной пыли на насадку регенераторов стекловаренных печей.—Техн. новости, № 34, с. 22—29. Совместно с М. А. Безбородовым.
117. Kontaktmetamorphe Bildungen in der Technik.—ДАН СССР. Сер. А, № 15, с. 357—362. Совместно с М. А. Безбородовым.
118. Contribution a la chemie des feldspath.—Изв. АН СССР. Сер. 7, Отд-ние физ-мат. наук, № 6, с. 571—584, с табл.
119. On the term «Rock» and on petrographical crassification and nomenclature.—Тр. Минерал. музея, т. 3, с. 12—24.
120. Ueber einige Bildungen in Glaschmelzöfen.—Keram. Rdsch., № 123, S. 394—396; № 124, S. 413—414. Совместно с М. А. Безбородовым.

1930

121. Доменные шлаки на Кольском полуострове и на Новой Земле.—ДАН СССР. Сер. А, № 10, с. 245—250. Рез. на фр. яз.
122. О химическом и минералогическом составе сталактитов двух стеклоплавильных заводов.—Изв. АН СССР. Сер. 7. Отд-ние физ-мат. наук, № 3, с. 257—265. Рез. на фр. яз.
123. Разрушение шамота под действием расплавленной торфяной золы.—Керамика и стекло, № 7/8, с. 383—387. Совместно с Я. В. Ключаровым.
124. Action of the dust from the batch on the checker bricks of glass furnace regenerators.—J. Amer. Ceram. Soc., vol. 13, N 5, p. 346—353. Совместно с М. А. Безбородовым.

1931

125. Кристаллооптика. 2-е изд., доп. и испр. Л. 102 с.
126. Петрографические таблицы. 4-е изд., перераб. и доп. Л. 151 с. Совместно с Ф. Ю. Левипсон-Лессингом.
127. К вопросу об анемузите: (По поводу пацифитов Барта).—ДАН СССР. Сер. А, № 1, с. 27—31. Рез. на фр. яз.
128. Кристаллические горные породы окрестностей г. Онеги.—Тр. Геол. музея, т. 8, с. 123—148. Совместно с М. А. Лавровой.
129. К петрографии Среднего Урала.—Тр. ГГРУ, вып. 56, с. 47—62. Рез. на англ. яз.
130. К минералогии и химии одного фельдшпатоида из Вишневых гор.—Изв. ГГРУ, т. 50, вып. 47, с. 747—752. Рез. на англ. яз.
131. Zur Mineralogie und Chemie eines Feldspatvertreters aus der «Wischnewy Gory» (Ural).—Zbl. Mineral. Geol., Palaontol., N 6, S. 190—196.
132. О гранитах с о. Шницбергена и о базальте с Земли Франца-Иосифа: (По материалам Р. Л. Самойловича).—В кн.: Научные работы экспедиции на «Красине» в 1928 г. М.; Л., с. 137—158. Совместно с В. И. Влодавцем.
133. Ueber Granite von Spitzbergen und Basalte von Franz. Joseph Land.—В кн.: Научные работы экспедиции на «Красине» в 1928 г. М.; Л., с. 159—178. Совместно с В. И. Влодавцем.
134. О химических аномалиях в полевых шпатах.—Зап. Рос. минерал. о-ва. Сер. 2, ч. 60, № 1, с. 65—70.
135. Ueber chemischen Anomalien in Feldspaten.—Zbl. Mineral., Geol., Palaontol., Abt. 1, № 11, S. 356—364.
136. Скорый метод микроскопического контроля содержания кварца в мурманском пегматите.—Керамика и стекло, № 11/12, с. 41—42. Совместно с В. Д. Описимов-Яновским.

137. О системе монтичеллита и о положении в ней одного исследованного нами минерала.— Изв. Ленингр. политехн. ин-та. Отд. для техники, естествознания и математики, т. 33, с. 173—180. Рез. на нем. яз. Совместно с Б. В. Ивановым.
138. The system of Monticellite.— Amer. J. Sci., vol. 22, № 127, p. 72—80. Совместно с Б. В. Ивановым.
139. Zerstörung von Schamotte unter dem Einfluss geschmolzener Torfasche.— Keram. Rdsch., № 1, S. 3—15. Совместно с Я. В. Ключаровым.
140. Карта: Петрографическая карта частей Каслинской, Кыштымской и Верхне-Уфалейской дач Среднего Урала.— Тр. ГГРУ, 1931, вып. 56. Совместно с Г. А. Соколовым.

1932

141. Щелочной комплекс Турьего мыса.— Тр. Петрин, вып. 2, с. 45—71. Рез. на нем. яз. Совместно с В. И. Влодавцем.
142. К петрографии Поморского берега Белого моря.— Тр. Петрин, вып. 2, с. 103—113. Рез. на нем. яз.
143. К петрографии технического камня.— Природа, № 10, с. 907—916.
144. Лысая Сопка.— Изв. ВГРО, т. 51, вып. 55, с. 805—815. Рез. на англ. яз.
145. Твердые растворы метасиликата натрия в псевдоволластоните.— В кн.: Тр. ЦНИГРИ за 1931 г. Л.; М., с. 62—73. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Ивановой.
146. Кислоупоры Урала. Лестиварит Большого Камня (близ Верхне-Уфалейского завода).— В кн.: Тр. ЦНИГРИ за 1931 г. Л.; М., с. 81—89. Рез. на англ. яз. Совместно с В. Ф. Журавлевым и Б. В. Залесским.
147. Новое в минералогии часовъярской и гумбринской глин.— Бюл. Гос. исслед. керам. ин-та, № 1, с. 10—15. Литогр. изд.
148. Изменения шамота в условиях работы стекловаренной печи: Докл. на II Всесоюз. науч.-техн. конф. стекольной пром.-сти.— Керамика и стекло, № 1, с. 12—14.
149. К вопросу о расслаивании силикатных расплавов: (По поводу статьи Б. С. Швецова «О расслаивании стекла при его застывании»).— Керамика и стекло, № 5/6, с. 10—12.
150. Ответы на анкету о дендрите, однокристалльном состоянии, металлическом зерне и механизме его роста.— Металлург, № 8, с. 73—74.
151. Zur Mineralogie der Ridderschen zinkhaltigen Bleischlacke.— Zbl. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A, № 4, S. 121—126. Совместно с Н. А. Тороповым.
152. Über die γ -Tonerde.— Zbl. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A, № 7, S. 229—244. Совместно с Н. Л. Дилакторским.
153. Über die Schutzschicht zwischen Schamotte und Glasschmelze.— Keram. Rdsch., № 21, S. 3—12. Совместно с В. А. Егоровым.
154. Карта: Петрографическая карта Лысой сопки на Урале. Масштаб 1:1000, 1930.— Изв. ВГРО, т. 51, вып. 55.

1933

155. Петрографические таблицы. 5-е изд., испр. и доп. Л.; М.; Новосибирск. 102 с. Совместно с Ф. Ю. Левинсон-Лессингом.
156. Геологическая карта Урала.— Тр. ВГРО, вып. 297а. Рез. на англ. яз. Совместно с Г. А. Соколовым.
157. Современное положение проблемы кристаллизации промыш-

- ленных стекол.— В кн.: Строение стекла/Под ред. М. А. Безбородова. М.; Л., с. 146—165.
158. Петрография заводских технических продуктов и Академии наук.— Вестн. АН СССР, № 12, с. 21—28.
 159. О переносе кремнекислоты посредством надкритического водяного пара.— Природа, № 3/4, с. 132—133.
 160. Вант-Гофф и дегидратация гипса: полугидрат и растворимый ангидрит.— Природа, № 3/4, с. 133—135.
 161. Некоторые параллели из области микроструктур, металлических сплавов и магматических горных пород.— Природа, № 7, с. 57—59.
 162. Еще о кремнекислоте и о газовом ее переносе.— Природа, № 8/9, с. 93—96.
 163. О шаровом граните из КангасниEMI.— Тр. Петрин, вып. 3, с. 21—37. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Петровым.
 164. О сферолитах в техническом стекле и о некоторых шаровых образованиях в магматических горных породах.— Тр. Петрин, вып. 4, с. 5—40. Рез. на нем. яз.
 165. О воде в некоторых минералах.— Тр. Петрин, вып. 4, с. 65—71. Рез. на нем. яз.
 166. Исследование боратов железа.— Изв. Ин-та физико-химического анализа, т. 6, с. 141—158. Совместно с Н. С. Курнаковым, Ф. А. Котомин-Бударинным.
 167. Минералогическое исследование свинцового цинкосодержащего шлака с Риддерского завода.— Металлург, № 6, с. 52—56. Совместно с Н. А. Тороповым.
 168. Минералогическая помощь керамике.— Керамика и стекло, № 4, с. 23—26.
 169. Петрографический контроль в стекольном производстве: («Камни в стекле»).— Завод. лаб., № 7, с. 41—48. Совместно с М. А. Безбородовым.
 170. $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ ist mit $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ identisch.— Zbl. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A, N 10, S. 300—302.
 171. Untersuchung der chemischen Konstitution des Pektoliths.— Zbl. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A, N 10, S. 327—329. Совместно с В. П. Ивановой.
 172. Ред.: Винчелл А. Н. Оптика и микроскопия искусственных минералов/Пер. с англ. Д. С. Белянкина, С. С. Казакевича, Н. А. Торопова. Л.: Госхимтехиздат. 216 с.
 173. Предисловие.— В кн.: Винчелл А. Н. Оптика и микроскопия искусственных минералов/Пер. с англ. Д. С. Белянкина, С. С. Казакевича, Н. А. Торопова. Л.: Госхимтехиздат, с. 5—6.
 174. Ред.: Ларсен Е. Таблицы светопреломления минералов с дополнениями Д. С. Белянкина, В. П. Петрова, К. М. Феодотьева. 2-е изд. М.; Л. 71 с.
 175. Предисловие.— В кн.: Ларсен Е. Таблицы светопреломления минералов с дополнениями Д. С. Белянкина, В. П. Петрова, К. М. Феодотьева. 2-е изд. М.; Л. 71 с.
- 1934**
176. Введение в кристаллографию и минералогию. Ч. I. Кристаллография. Л. 136 с.; Ч. II. Минералогия. Л., 184 с. Литогр. изд.
 177. Петрография и производство стекла.— Вестн. АН СССР, № 9, с. 7—14.
 178. Об альбите с малым углом оптических осей с завода «Дружная Горка».— ДАН СССР, т. 3, № 8/9, с. 651—653.

179. Albite from Druzhnaja Gorka works having a small angle of optical axes.— ДАН СССР, т. 3, № 8/9, с. 653—655.
180. Магматические горные породы и некоторые полезные ископаемые Западной Грузии.— В кн.: Академику Ф. Ю. Левинсон-Лессингу к пятидесятилетию научной деятельности. Л., с. 93—114. Рез. на англ. яз.
181. К вопросу о кристобалите.— Тр. Петрин, вып. 6, с. 361—368. Рез. на англ. яз. Совместно с Н. Г. Казнаковой.
182. Термооптический анализ вулканического стекла (из Аджаристана).— Тр. Петрин, вып. 6, с. 381—392. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Ивановой.
183. К вопросу о дегидратации гипса.— Тр. Петрин, вып. 6, с. 453—461. Рез. на англ. яз. Совместно с К. М. Феодотьевым.
184. Горные породы и полезные ископаемые окрестностей селения Поной.— Тр. Аркт. ин-та, т. 13, с. 43—47. Рез. на англ. яз. Совместно с Н. П. Лупановой.
185. К физико-химии пирофиллита.— Тр. науч.-исслед. ин-тов пром-сти, вып. 43, с. 3—9. Рез. на нем. яз. Совместно с А. М. Виноградовой.
186. О плагиоклазе и его учете в составе рабочего керамического пегматита.— Тр. Науч.-исслед. ин-тов пром-сти, вып. 43, с. 10—20. Рез. на нем. яз. Совместно с В. Д. Онисимо-Яновским.
187. Геолого-петрографические исследования в высокогорной Абхазии.— В кн.: Экспедиции Академии наук СССР в 1933 г. Л., с. 243—246.
188. К петрографии глиноземного клинкера.— В кн.: Тез. докл. на декабрьской сессии Академии наук СССР. Л. 33 с.
189. Experimentaluntersuchung der magnesium-eisenhaltigen Monticellitite.— Neues Jahrb. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A, Bd. 63, S. 337—348. Совместно с К. М. Феодотьевым.
190. Das Dinagesetz.— Zbl. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A, N 10, S. 306—312.
191. Карта: Геологическая карта окрестностей с. Поной.— Тр. Аркт. ин-та, т. 13.

1935

192. Влияние минерализаторов на образование зинтер-корунда.— ДАН СССР, т. 2, № 2, с. 146—150. Совместно с Н. Е. Филоненко.
193. Einfluss der Mineralisatoren auf die Bildung des Sinter-Korunds.— ДАН СССР, т. 2, № 2, с. 150—154.
194. Неоинтрузии Аджаристана и Гурии.— В кн.: Материалы по геологии и петрографии Грузинской ССР. 1. Аджаристан и Гурия: (Работы 1932 г.). М.; Л., с. 99—129. Совместно с В. П. Петровым, В. П. Еремеевым.
195. О физико-химическом эксперименте в петрографии.— В кн.: Тр. совещ. по эксперим. минералогии и петрографии, 26—28 апреля 1934 г. М.; Л., с. 11—22.
196. Вулканические стекла Аджаристана.— Тр. Петрин, вып. 5, 153—168. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Еремеевым.
197. Микроскопические методы определения состава пегматитов.— Тр. науч.-исслед. ин-тов пром-сти, вып. 46, с. 26—51. Рез. на нем. яз. Совместно с В. Д. Онисимо-Яновским.
198. Петрографическая характеристика некоторых горных пород Урала как сырья для керамического производства.— Тр. науч.-исслед. ин-тов пром-сти, вып. 46, с. 70—76. Рез. на нем. яз. Совместно с В. Д. Онисимо-Яновским.

199. Микроструктуры некоторых известково-алюминатных расплавов.— *Металлург*, № 10, с. 73—78. Совместно с Н. А. Тороповым.
200. Mikrostrukturen einiger Kalk-Aluminat-Schmelzen.— *Zbl. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A*, № 6, S. 174—182. Совместно с Н. А. Тороповым.
201. Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг: По поводу 50-летия его научной и научно-педагогической деятельности.— *Природа*, № 1, с. 70—74.
202. К методике количественно-минералогических определений в динасе.— *Огнеупоры*, № 12, с. 925—928.
203. Drei Kaoline.— *Zbl. Mineral., Geol., Paläontol., Abt. A*, № 10, S. 298—308. Совместно с В. П. Ивановой.
204. Рец. на кн.: *Куюков Г. В., Лозинский Н. М., Тер-Микаэлянц Е. И.* Модификации кремнезема в динасе и их количественное определение.— *Огнеупоры*, № 2, с. 159.
205. Рец. пер.: *Зальманг Г.* Физические и химические основы керамики. Л.: Химтеоретиздат. 286 с.
206. Предисловие.— В кн.: *Зальманг Г.* Физические и химические основы керамики. Л.: Химтеоретиздат, с. 5.
207. Рец. пер.: *Ранкин Д. А.* Тройная система $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. Оптическое исследование Фр. Е. Райта. Л. 75 с.

1936

208. Петрографы Академии наук СССР в Грузии летом 1935 г.— *Вестн. АН СССР*, № 2, с. 48—50. Совместно с В. П. Петровым.
209. Второе совещание по экспериментальной минералогии и петрографии.— *Вестн. АН СССР*, № 8/9, с. 28—32.
210. Некоторые параллели из области петрографии технического камня и петрографии естественных горных пород.— *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, № 1, с. 87—105. Рез. на англ. яз.
211. О кристаллите в горных породах Кавказа и Закавказья.— *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, № 2/3, с. 303—319. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Петровым.
212. Об одном случае переноса SiO_2 в газовой форме: (Из керамической практики).— *Тр. Петрин*, вып. 7/8, с. 5—7. Рез. на англ. яз. Совместно с А. М. Виноградовой.
213. К вопросу о влиянии на светопреломление мусковита истирания этого минерала.— *Тр. Петрин*, вып. 7/8, с. 17—24. Рез. на англ. яз. Совместно с Л. М. Куприяновой, В. А. Смирновым.
214. Некоторые явления кристаллизации в нефелиновых стеклах.— *Тр. Петрин*, вып. 9, с. 3—21. Рез. на англ. яз. Совместно с В. В. Лапиным.
215. О превращениях каолина при нагревании.— В кн.: Академику В. И. Вернадскому к пятидесятилетию научной и педагогической деятельности. М., т. 1, с. 555—562. Рез. на нем. яз. Совместно с В. Ивановой.
216. Сравнительное петрографическое изучение некоторых трепелов и диатомитов.— *Тр. ЛИС*, вып. 3, с. 65—78. Совместно с Л. М. Куприяновой.
217. К микроскопии неметаллических включений в стали.— *Завод. лаб.*, № 5, с. 682—685.
218. Рец. пер.: *Эйтель В.* Физическая химия силикатов/Пер. с нем. И. В. Беккера, В. Г. Воано, А. А. Александровского. Л., 560 с.
219. Предисловие.— В кн.: *Эйтель В.* Физическая химия силикатов. Л., с. 3.

220. К определению понятия и к практике аноктоклазов.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 225—233. Рез. на англ. яз.
221. Петрографическое наследство акад. А. П. Карпинского.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 607—636. Рез. на англ. яз.
222. О некоторых результатах академической работы по технической петрографии в 1934—1935 гг.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 1, с. 152—165. Рез. на англ. яз. Совместно с Б. В. Ивановым.
223. Химико-минералогическая характеристика одного магнезитового кирпича с Мариупольского завода им. Ильича.— Тр. Петрип., вып. 11, с. 112—126. Рез. на англ. яз. Совместно с Б. В. Ивановым.
224. К минералогии и химии железных руд и вмещающих их горных пород Бакальского месторождения на Южном Урале.— В кн.: Тр. конф. по генезису руд железа, марганца и алюминия. М.; Л., с. 139—150. Совместно с В. В. Лапиным.
225. Материалы по минералогии уральских бокситов.— В кн.: Тр. конф. по генезису руд железа, марганца и алюминия. М.; Л., с. 551—564. Совместно с Б. В. Ивановым, В. В. Лапиным.
226. К вопросу о кривых нагревания каолина.— В кн.: Тр. Второго совещ. по эксперим. минералогии и петрографии, 7—10 мая 1936 г. М.; Л., с. 41—44.
227. Некоторые явления из области петрографии технических продуктов.— В кн.: Тр. Второго совещ. по эксперим. минералогии и петрографии, 7—10 мая 1936 г. М.; Л., с. 177—186.
228. Твердые растворы феррита кальция в монопалюминате кальция, получаемом методом спекания.— В кн.: Сб. работ ВНИИЦ. М., вып. 18, с. 57—73. Совместно с Н. А. Тороповым, Т. М. Дюко.
229. Генезис каолинов и огнеупорных глин.— В кн.: Огнеупоры: Справочник. М.; Л., т. 1. Сырье, с. 1—11. Совместно с Н. А. Тороповым.
230. Двуокись титана в клинкере глиноземистого цемента.— Тр. Ленингр. хим.-технол. ин-та, вып. 5, с. 162—173. Рез. на нем. яз. Совместно с Г. П. Дмитриевым.
231. К вопросу о сырьевой полевощпатовой базе для керамической промышленности СССР.— Керамика и стекло, № 4/5, с. 40—45. Совместно с Б. В. Ивановым.
232. Петрогенетическое значение контактных явлений.— В кн.: Тез. докл. Междунар. геол. конгр. XVII сес. СССР. М.; Л., с. 115.
233. Ред. пер.: Классические работы по физико-химии силикатов. Л. 185 с.
234. Предисловие.— В кн.: Классические работы по физико-химии силикатов. Л., с. 3—4.
235. Ред. пер.: *Ларсен Е., Берман Г.* Определение прозрачных минералов под микроскопом. М.; Л. 310 с.
236. Предисловие.— В кн.: *Ларсен Е., Берман Г.* Определение прозрачных минералов под микроскопом. М.; Л., с. 5.

237. Материалы по изучению динаса и его сырьевой базы в СССР. М.; Л. 274 с. Совместно с Б. В. Ивановым.
238. К вопросу об отношении к возвышенным температурам монт-

- мориллонита.— ДАН СССР, т. 18, № 4/5, с. 279—282. Совместно с В. П. Ивановой.
239. К характеристике минерала «монотермит».— ДАН СССР, т. 18, № 9, с. 673—676.
240. Первый нефелиновый сиенит в Закавказье.— ДАН СССР, т. 19, № 1/2, с. 73—76. Совместно с В. П. Петровым, Р. П. Петровым.
241. К характеристике брекчиевидных и полосатых лав вулкана Эльбруса.— ДАН СССР. Н. С., т. 21, № 5, с. 254—258.
242. Об одном уральском мартеновском шлаке и о кристаллизации в нем минерала мервинита.— Тр. Петрин, вып. 12, с. 203—212. Рез. на англ. яз. Совместно с Л. И. Корчемкиным.
243. Из дипломных работ по технической петрографии в Ленинградском химико-технологическом ин-те.— Тр. Петрин, вып. 13, с. 211—214. Рез. на англ. яз.
244. О минералогическом составе одного марганцовистого шлака.— Тр. Петрин, вып. 13, с. 241—246. Рез. на англ. яз. Совместно с И. М. Шумило.
245. Химико-минералогические реакции в динасе.— Огнеупоры, № 11, с. 1620—1609.
246. Химико-минералогические реакции в динасе.— В кн.: Тез. докл. к совещ. по огнеупорам, 7—10 мая 1938 г. М.; Л., с. 31—33, с. 144—155.
247. Occurrence of cristobalite in a sedimentary rock.— Amer. Mineralogist, vol. 23, № 3, p. 153—155. Совместно с В. П. Петровым.

1939

248. Новые данные по неогинтрузиям в бассейне р. Уруха (Центральный Кавказ). М. 19 с. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Еремеевым, В. П. Петровым.
249. Техническая петрография на службе промышленности.— Вестн. АН СССР, № 2/3, с. 137—139.
250. По поводу термина «техническая петрография».— Вестн. АН СССР, № 8/9, с. 159—161.
251. Гибшит в Грузии.— ДАН СССР. Н. С., т. 24, № 4, с. 351—354. Совместно с В. П. Петровым.
252. Термооптическое исследование минерала актинолита.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, с. 95—104. Рез. на англ. яз. Совместно с Е. В. Донской.
253. К вопросу о неогинтрузиях Центрального Кавказа.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 43—100.
254. О петрографических работах Б. З. Коленко.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 3, с. 142—146. Рез. на англ. яз.
255. К петрографии хромито-доломитового огнеупора.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 9, с. 53—60. Совместно с Б. В. Ивановым.
256. Магматические проявления в северо-западной части Гурии в Закавказье.— Тр. Петрин, вып. 14, с. 37. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Петровым, К. С. Масловым.
257. Кристаллизация апатита — новый вид камня в стекле.— Инж.-техн. бюл. Главстройстекла, № 5, с. 18—21. Совместно с В. В. Лапиным.
258. On the crystallization of the Kangasniemi orbicular granite.— J. Geol., vol. 47, № 7, p. 769—771. Совместно с В. П. Петровым.

259. К вопросу о петрогенетическом значении контактных явлений.— Тр. XVII сес. Междунар. геол. конгр., т. 5, с. 87—94.
260. Тешенито-камптононто-мончикитовые интрузии окрестностей г. Ахалцыха.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 21. Петрогр. сер., № 7, с. 51—73. Рез. на англ. яз. Совместно с В. П. Петровым.
261. Петрография и огнеупоры — В кн.: Тр. совещ. по огнеупорам, 20—23 апреля 1940 г. Программа работ и тез. докл. М.; Л., с. 35—36.
262. Заключительные замечания к неоинтрузиям Сванетии и Абхазии.— В кн.: Верхняя Сванетия и прилегающая часть Абхазии. М.; Л., ч. 2, с. 186—190. Совместно с В. П. Петровым.
263. Академик Франц Юльевич Левинсон-Лессинг.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 2, с. 99—100.
264. Академик Франц Юльевич Левинсон-Лессинг.— В кн.: Тр. Третьего совещ. по эксперим. минералогии и петрографии, 31 января—4 февраля 1939 г. М.; Л., с. 5—6. Совместно с А. И. Цветковым.
265. Петрография на фронте силикатного и металлургического производства.— В кн.: Тр. Третьего совещ. по эксперим. минералогии и петрографии, 31 января—4 февраля 1939 г. М.; Л., с. 159—162.
266. Химико-минералогические реакции в динасе.— В кн.: Тр. совещ. по огнеупорам. М.; Л., с. 125—132.
267. История исследований и некоторые новые данные по тешенитам и родственным с ними цеолитсодержащим породам на территории Грузии.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 69, вып. 2—3, с. 276—289. Совместно с В. П. Петровым.
268. Камни в стекле Московского колбочного завода.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 3, с. 81—88. Совместно с В. В. Лапиным.
269. Исследование доломитизированных известняков в аншлифах в отраженном свете.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 155—160. Совместно с В. В. Лапиным, И. А. Островским.
270. Ред. и предисл.— В кн.: Тр. Третьего совещ. по эксперим. минералогии и петрографии, 31 января—4 февраля 1939 г. М.; Л. 284 с. Совместно с А. И. Цветковым.
271. Строительные кампи.— Промстройматериалы, № 12. Совместно с Б. В. Залесским и др.

1941

- 272—273. Опыт ревизии химической формулы минерала гибшита.— ДАН СССР, т. 30, № 5, с. 418—421.— То же на англ. яз., с. 420—423.
274. К вопросу о взаимоотношениях клиноэнстатита с энстатитом и диопсидом.— ДАН СССР, т. 30, № 7, с. 642—643. Совместно с Б. В. Ивановым.
275. On the question of the relations of clinoenstatite to enstatite and diopside.— С. г. Acad. sci URSS, vol. 30, № 7, p. 647—648.
276. Новые данные по оптике и химии корундов.— ДАН СССР, т. 30, № 8, с. 733—736. Совместно с В. В. Лапиным, И. М. Шумило.
277. New data on the optics and chemistry of corundum.— С. г. Acad. URSS, vol. 30, № 8, с. 738—741.
- 278—279. О гибшите и плазолите.— ДАН СССР, т. 32, № 1, с. 66—68. Совместно с В. П. Петровым.— То же на англ. яз.

280. О минералообразовании на контакте динаса и магнезита в кладке мартеновской печи.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 3, с. 91—99. Совместно с Б. В. Ивановым.
281. Современные успехи советской технической петрографии — основа дальнейших перспектив.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 40. Петрогр. сер., № 13, с. 1—4.
282. Новые данные по минералогии шлаков Зестафонского завода.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 58. Петрогр. сер., № 19, с. 1—7. Совместно с В. В. Лапиным.
283. К изучению неогитрузии горы Тепли на Кавказе.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 59. Петрогр. сер., № 20, с. 37—58. Совместно с П. Еремеевым, В. П. Петровым.
284. Петрография и огнеупоры.— В кн.: Тр. Второго совещ. по огнеупорным материалам. М.; Л., с. 125—132.
285. The grossularoid groups (hibshite, plazolite).— Amer. Mineralogist, vol. 26, № 7, p. 450—453.
286. Петрография бетона.— Пром-сть строит. материалов, № 19. Совместно с Б. В. Залесским.
287. Рец. на кн.: *Коржинский Д. С.* Факторы минеральных равновесий и минералогические фации глубинности. М.; Л. 100 с.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 138—141.
288. Ред. кн.: Неметаллические ископаемые СССР. Глины и каолин. Глины отбеливающие. М.; Л. Т. 4. 711 с.
289. Ред.: *Торопов Н. А., Журавлев В. Ф.* Физическая и коллоидная химия силикатов. М.; Л. 187 с.

1942

290. Новые работы в области петрографии огнеупоров. Свердловск.
- 291—292. Некоторые черты кристаллического строения высокоглиноземистых доменных шлаков Урала.— ДАН СССР, т. 35, № 1, с. 26—30. Совместно с В. В. Лапиным.— То же на англ. яз.; С. R. Acad. sci. URSS, vol. 35, № 1, p. 25—30.
293. Некоторые особенности минералогического состава уральских огнеупорных глин.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 5/6, с. 75—82. Совместно с В. В. Лапиным, В. П. Петровым.
294. К вопросу о научно-исследовательских достижениях Д. П. Григорьева в области экспериментальной минералогии и петрографии.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 516, с. 121—123.
295. О часовъярском монотермите и об иллите из Иллинойса.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 71, вып. 1/2, с. 16—22.
296. Стеклообразное волокно в регенераторе стекловаренной печи.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 71, вып. 1/2, с. 73—76. Совместно с М. А. Безбородовым.
297. Минералогические заметки. 1. К определению понятия «минерал»; к практике минеральных видов и пр. 2. Искусственные минералы; терминология; интерес к изучению их.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 71, вып. 1/2, с. 77—85.
298. К истории и современному состоянию петрографии технических пород в Советском Союзе.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 71, вып. 3/4, с. 113—119.

1943

299. Техническая петрография: (Обзор достижений).— В кн.: Успехи геолого-географических наук в СССР за 25 лет. М.; Л., с. 130—134.

300. Почему из Златоустовских кварцитов с горы Татарки не получается хороший динас? — В кн.: Новые работы в области исследования кварцитов Урала и Востока. Свердловск, с. 15—16. Совместно с В. В. Лапиным.
301. Петрографические симпатии А. П. Герасимова и петрографическое его наследство.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 72, вып. 2, с. 88—91.
302. Ванадийсодержащие передельные шлаки Урала — новая техническая порода.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 72, вып. 2, с. 149—159. Совместно с В. В. Лапиным.
303. К минералогии уральских марганцевых руд.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 72, вып. 3/4, с. 161—166. Совместно с В. В. Лапиным.
304. О неинтрузиях бакского (эперского) типа на Кавказе.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 72, вып. 3/4, с. 224—236. Совместно с В. П. Еремеевым, В. П. Петровым, М. А. Фаворской.
305. Рец. в кн.: Геология СССР, т. 10. Закавказье, ч. 1. Геологическое описание.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 4/5, с. 137—140. Совместно с В. П. Петровым.
306. Вишневит, а не сульфатный канкринит.— ДАН СССР, т. 42, № 7, с. 318—320.
307. Vishnevite, and not sulfatic cancrinite.— С. г. Acad. sci. URSS, vol. 42, N 7, p. 304—306.
308. Петрография и петрология.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 123—124.
309. К минералогии кали-натровых полевых шпатов.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 5, с. 65—68.
310. Об одном случае ненормально быстрого износа динасового кирпича, работавшего в своде мартеновской печи.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 1/2, с. 51—53. Совместно с В. В. Лапиным, П. С. Мамыкиным.
311. Зинтер-корунд и высокоглиноземистая керамика в современном авиасвечном производстве.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 6, с. 385—389. Совместно с В. В. Лапиным.
312. Некоторые важнейшие вопросы современной петрографии: Тез. докл. на сес. Отд-ния геол.-геогр. наук АН СССР, 25 сентября 1943 г.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, с. 9—13.
313. К петрографии контактных минералообразований в цементных печах и в печах для обжига извести.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 73, вып. 2/3, с. 149—157. Совместно с Б. В. Ивановым.
314. Насколько же в действительности растворяется кремнекислота в водяном паре ниже критической температуры? — Сов. геология, № 3, с. 80—81.
315. Замеч. на ст.: *Соловьев Ю. С.* Природа неметаллических включений в хромникелевольфрамовой уральской электростали.— Сталь, № 3/4, с. 90—96. Совместно с В. В. Лапиным.
316. О кварце в минералогическом составе неметаллических включений в стали.— Сталь, № 9/10, с. 310—311. Совместно с В. В. Лапиным.
317. Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и его роль в развитии русской петрографии: Реф. докл.— Вестн. АН СССР, № 11/12, с. 121—122.
318. Некоторые замечания по поводу академического издания: *Боклий Г. Б.* Кристаллооптический анализ. М.; Л., ч. 1, с. 156.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 73, вып. 4, с. 256—258.

319. Рец. на кн.: *Spencer L. Barium feldspars (celsian and paracelsian from Wales)*.— *Mineral. Mag.*, 1942, vol. 26, № 178, p. 231—245. Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 73, вып. 4, с. 259—260.
320. Туркменский фарфор и его исходные материалы. Ашхабад, 1944.

1945

321. Петрография Грузии. М.; Л. 394 с. Совместно с В. П. Петровым.
322. Апортоклазы и их положение в кристаллизационной схеме Боуэна.— В кн.: Вопросы геологии Сибири: Сб., посвящ. памяти М. А. Усова. М.; Л., т. 1, с. 226—231.
323. Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в трудах его по теоретической петрографии.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, с. 18—27.
324. Памяти академика Александра Евгеньевича Ферсмана.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 3—9. Совместно с В. А. Обручевым, А. А. Сауковым.
325. П. И. Лебедев: (Кратк. обзор его науч. деятельности к 60-летию со дня рождения).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 5, с. 145—148.
326. О хроме в челябинских шлаках бесфлюсовой плавки феррохрома.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 1/2, с. 7—16. Совместно с В. В. Лапиным, В. А. Молевой.
327. О специализации по каменным строительным материалам в Академии наук СССР.— Вестн. АН СССР, № 9, с. 49—54.
328. Сланцевозольные шлаки — «щелочная» техническая порода.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 74, вып. 2, с. 144—154. Совместно с В. В. Лапиным.
329. Оливин и моноклинный пироксен в порфировидной структуре базальтов Грузии.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, ч. 74, вып. 2, с. 159—162. Совместно с В. П. Петровым.
330. Рец. на кн.: *Берг Л. Г., Николаев А. В., Роде Е. Я.* Термография: (Кривые нагревания и охлаждения). М., 1944. 176 с.— Изв. АН СССР. Отд-ние хим. наук, с. 78—80.

1946

331. Роль петрографии в исследовании силикатных материалов.— В кн.: Сб. тр., посвященных 60-летию со дня рождения П. П. Будникова. М., с. 241—247.
332. Термооптическое исследование минерала диоптаза.— В кн.: Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. М.; Л., с. 9—14. Совместно с Е. В. Донской.
333. К полиморфизму вещества CaSO_4 .— ДАН СССР, т. 51, № 7, с. 533—535. Совместно с В. В. Лапиным.
334. On the polymorphism of the substance CaCo_4 .— С. г. Acad. sci. URSS, vol. 51, N 7, p. 535—537.
- 335—336. Еще один пример гексагональной кристаллизации α -двухкальциевого силиката.— ДАН СССР, т. 51, № 9, с. 707—710. Совместно с В. В. Лапиным.— То же на англ. яз.
337. Об известковом гексаалюминате из Зестафони (Грузия).— ДАН СССР, т. 53, № 6, с. 553—556. Совместно с В. В. Лапиным, Ю. П. Симановым.
338. On calcareous hexaaluminate from Zestafoni (Georgia).— С. г. Acad. Sci. URSS, vol. 53, № 6, p. 549—552.
339. Александр Александрович Байков.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 3—5,

340. К вопросу о фазовом составе и о потерях хрома в челябинских шлаках флюсовой плавки малоуглеродистого феррохрома.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 4, с. 561—566. Совместно с В. В. Лапиным.
341. Ванадий в передельных бессемеровских шлаках Чусовского завода.— Изв. АН СССР. Отд-ние техн. наук, № 11, с. 1649—1654. Совместно с В. В. Лапиным.
342. Рец. на кн.: *Седлецкий И. Д.* К вопросу о коллоидно-дисперсном минералообразовании. 114 с.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 3, с. 129—130.
343. Рец. на сб. статей: Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 3, с. 130—132.
344. Рец. на сб. статей: Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. М.; Л. 383 с.
345. Ред.: Природные ресурсы Кабардинской АССР: Сб. ст. к 25-летию Кабардинской АССР. М.; Л. 467 с.
346. Ред.: Сборник трудов, посвященных 60-летию со дня рождения П. П. Будникова. М.: Бюро техн. информ. 271 с.

1947

347. К вопросу о методах исследования огнеупоров.— В кн.: Тр. Третьего Всесоюз. совещ. по огнеупорным материалам. М.; Л., с. 157—160.
348. К минералогии β-глинозема.— ДАН СССР, т. 55, № 6, с. 529—532. Совместно с В. В. Лапиным, Ю. П. Симановым.
349. Об одном замечательном случае шарового бессемеровского шлака на Челябинском ферросплавном заводе.— ДАН СССР, т. 57, № 2, с. 169—170. Совместно с В. В. Лапиным.
350. К вопросу о минералогии в технике.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 31—36.
351. К вопросу о современном состоянии и перспективах учения о магмах и магматических горных породах.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 5, с. 57—66.
352. Предисловие.— В кн.: Кашкай М. А. Основные и ультраосновные породы Азербайджана. Баку, с. 3—4.
353. Предисловие.— В кн.: Николаев А. В. Физико-химическое изучение природных боратов. М.; Л.
354. Рец. на кн.: *Николаев А. В.* Физико-химическое изучение индерских боратов: (Обоснование схемы генезиса и некоторые свойства борнокислых соединений).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 156—157.
355. Рец. на кн.: Сессия Ученого совета Азербайджанской нефтяной экспедиции СОПС АН СССР. М. 78 с.
356. Ред.: *Бородаевский Н. И., Бородаевская М. Б.* Березовское рудное поле: (Геологическое строение). М. 264 с.
357. О свободном кристаллическом глиноземе, водном и безводном в природе и технике.— Тез. докл. ВХО им. Менделеева, с. 1—2.

1948

358. Кристаллизация кордиерита в техническом стекле — один из новых его пороков.— ДАН СССР, т. 59, № 9, с. 1599—1601. Совместно с В. В. Лапиным.
359. Мервинит и $2\text{CaO}-\text{SiO}_2$; парагенезис их в одном из шлаков

- ферро-вападиевого производства.— ДАН СССР, т. 60, № 5, с. 857—860. Совместно с В. В. Лапиным.
360. Некоторые замечания по поводу статьи Д. С. Коржинского «Методические направления в физико-химической петрологии в СССР».— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 141—142.
361. Петр Иванович Лебедев (23 августа 1885 г.— 3 мая 1948 г.): (Некролог).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, с. 141—144. Совместно с Б. В. Залесским, М. К. Бельштерли.
362. О работах Академии наук в области изучения строительного и облицовочного камня.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 89. Петрогр. сер., № 28, с. 1—12. Совместно с Б. В. Залесским, Б. П. Беликовым.
363. К микроскопии искусственного глинозема.— Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. Сер. 2, ч. 77, вып. 1, с. 65—69. Совместно с В. В. Лапиным.
364. Из практики твердых растворов в лабораторном и техническом минералообразовании АН СССР.— Изв. Сектора физ.-хим. анализа, т. 16, вып. 3, с. 13—18.
365. Некоторые данные по химии и минералогии кызылсайских глин.— Учен. зап. Ленингр. гос. пед. ин-та, т. 72, с. 11—17. Совместно с В. В. Лапиным.
366. К вопросу об исследовании огнеупорных материалов.— Огнеупоры, № 6, с. 251—256. Совместно с Б. В. Ивановым.
367. Рец. на кн.: *Лашев Е. К.* Слюда. Ч. 1. Свойства слюд. М. 296 с.— Сов. кн., № 10, с. 16—17.
368. Рец. на кн.: *Соболев Вл.* Петрология восточной части сложного коростенского плутона. Львов, 1947. 139 с.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 5, с. 155—156.
369. Ред.: Ученые записки Кабардинского научно-исследовательского института. Нальчик. Т. 3. 207 с.
370. Предисловие.— В кн.: Учен. зап. Кабард. НИИ. Нальчик, т. 3, с. 3—5.

1949

371. Физико-химические системы силикатной технологии/Под ред. Д. С. Белянкина. М. 252 с. Совместно с В. В. Лапиным, Н. А. Гороповым.
372. Кристаллооптика. 3-е изд., испр. и доп. М. 126 с.
373. К вопросу о магнезии и мервините в фазовом составе некоторых современных вяжущих материалов.— В кн.: Сб. научных работ по вяжущим материалам. М., с. 12—16. Совместно с В. В. Лапиным.
374. К минералогии глин.— В кн.: Тр. Юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В. В. Докучаева. М.; Л., с. 56—58.
375. Кривая нагревания каолина в современном ее освещении.— ДАН СССР, т. 65, № 3, с. 357—360. Совместно с К. М. Феодотьевым.
376. Низшие окислы титана в шлаках алюмотермического процесса.— ДАН СССР, т. 65, № 5, с. 685—688. Совместно с В. В. Боголюбовым, В. В. Лапиным.
377. Нарсарсуит на Турьем мысу.— ДАН СССР, т. 67, № 1, с. 133—134. Совместно с В. И. Влодавцем.
378. Магматическая ликвация — можно ли верить в нее и какие мы имеем к тому основания.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 5, с. 35—39.

379. Отечественная петрография и Ф. Ю. Левинсон-Лессинг: (К 10-летию с дня кончины).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, с. 3—8.
380. О кристаллическом глиноземе, безводном и водном, в природе и технике.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 106. Петрогр. сер., № 30, с. 1—9.
381. О сериците вторичных кварцитов Коунрада.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 106. Петрогр. сер., № 30, с. 10—16. Совместно с М. М. Веселовской, В. П. Петровым.
382. О кристобалите и об условиях кристаллизации его в некоторых породах Закавказья.— Тр. Минерал. музея, вып. 1, с. 18—25. Совместно с В. П. Петровым.
383. Об одной особенности кривой нагревания гидраргиллита.— Пробл. сов. почвоведения, сб. 15, с. 18—22. Совместно с В. П. Бутузовым, К. М. Феодотьевым.
384. К вопросу о термике каолина.— Изв. Сектора физ.-хим. анализа, т. 19, с. 51—57.
385. К петрографической характеристике основных хромомagneзитовых огнеупорных масс.— Огнеупоры, № 2, с. 51—58. Совместно с Б. В. Ивановым.
386. О принципе стеклокерамики.— Огнеупоры, № 7, с. 283—284.
387. Предисловие.— В кн.: Будников П. П. Достижения советской науки в области силикатов за 30 лет (1917—1947). М., с. 2.
388. Рец.: *Дзоценидзе Г. С. Домиоценовый эффузивный вулканизм Грузии: (Петрография вулканогенных толщ, связанные с ними полезные ископаемые, эволюция химизма магмы и связь вулканизма с геотектонической историей страны)*. 4-е изд. Тбилиси, 1948.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 166—168.
389. Ред.: *Белянкин Д. С., Лапин В. В., Торопов Н. А.* Физико-химические системы силикатной технологии. М. 252 с.
390. Ред. рус. пер.: *Винчелл А. Н.* Оптическая минералогия. М. 657 с.
391. Предисловие к рус. пер.— В кн.: Винчелл А. Н. Оптическая минералогия. М., с. 5—6.
392. Ред.: *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Избранные труды. М.; Л. Т. 1. 511 с.
393. Предисловие. Совместно с М. К. Бельштерли.— В кн.: Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Избранные труды. М.; Л., т. I.
394. Ред.: Материалы по термическому исследованию минералов. М. 124 с.
395. Предисловие.— В кн.: Материалы по термическому исследованию минералов. М., с. 1—2.
396. Ред.: Труды Минералогического музея. М.; Л. Вып. 1. 120 с. Совместно с Г. П. Барсановым.

1950

397. Новое по «камням» в заводских технических стеклах.— В кн.: Сб. научных работ по стеклу. М., с. 16—19. Совместно с В. В. Лапиным.
398. О двуокиси циркония в муллитовом огнеупоре.— ДАН СССР, т. 73, № 2, с. 367—369. Совместно с В. В. Лапиным.
399. Петрографический состав и происхождение аскаских глин.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 2, с. 33—43. Совместно с В. П. Петровым.
400. Некоторые детали микроструктур корундовой керамики.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 121. Петрогр. сер., № 36, с. 64—67. Совместно с В. В. Лапиным.

401. Некоторые особенности минералогии шлаков от выплавки высокотитанистого металла.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 122. Петрогр. сер., № 37, с. 8—13. Совместно с В. В. Лапиным.
402. Выступление на заседании в защиту мира Президиума Академии наук СССР 29 сентября 1950 г.— Вестн. АН СССР, № 10, с. 12—13.
403. Наука о камне.— Знание — сила, № 5, с. 1—4.
404. Рец. на кн.: К выходу в свет сборника переводных статей по проблеме происхождения гранитных горных пород.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, с. 155—157.
405. Рец.: *Безбородов М. А. Дмитрий Иванович Виноградов — создатель русского фарфора.* М.; Л. 512 с.
406. Предисловие.— В кн.: *Безбородов М. А. Дмитрий Иванович Виноградов — создатель русского фарфора.* М.; Л. 512 с.
407. Рец.: Вопросы физико-химии в минералогии петрографии: Сб. ст. Пер. с англ. М. 276 с.
408. Предисловие.— В кн.: Вопросы физико-химии в минералогии и петрографии: Сб. ст. Пер. с англ. М. 276 с.
409. Рец.: *Евстропьев К. С., Торопов Н. А. Химия кремния и физическая химия силикатов.* М. 364 с.
410. Предисловие.— В кн.: *Евстропьев К. С., Торопов Н. А. Химия кремния и физическая химия силикатов.* М., с. 3—4.
411. Рец.: *Зубков В. В. Краткий курс общей петрографии.* М. 223 с.
412. От редактора.— В кн.: *Зубков В. В. Краткий курс общей петрографии.* М., с. 3.
413. Рец.: *Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Избранные труды.* М.; Л. Т. 2. 323 с. Совместно с М. К. Бельштерли.
414. Рец.: Сборник научных работ по стеклу. М. 259 с. Совместно с Н. В. Соломиным и В. В. Поляк.
415. Рец.: Труды Минералогического музея. М.; Л. Вып. 2. 144 с. Совместно с Г. П. Барсановым.
416. Николай Иванович Соустов: (Некролог).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6. Совместно с Б. М. Куплетским, Г. Д. Афанасьевым, И. Е. Сморгчковым.

1951

417. Кристаллооптика. 4-е изд., испр. и доп. М. 128 с. Совместно с В. П. Петровым.
418. Кристаллооптика. Пер. с 3-го рус. испр. и доп. изд. Тбилиси. 147 с. На груз. яз.
419. Об одном новом минералообразовании в процессе выветривания феррованадиевых шлаков.— ДАН СССР, т. 78, № 1, с. 107—110. Совместно с В. В. Лапиным.
420. К минералогии аносовита.— ДАН СССР, т. 80, № 3, с. 421—424. Совместно с В. В. Лапиным.
421. О проблеме гранитов.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 3—4.
422. О положении в современной петрографии.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, с. 5—11.
423. Каолин и аллофаноиды: Термооптические данные и явления усадки при нагревании.— Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, ч. 80. Н. С., вып. 2, с. 88—93. Совместно с К. М. Феодотьевым.
424. Анальцит и лейцит в вулканогенном эоцене Тальша.— Тр. Минерал. музея, вып. 3, с. 3—9. Совместно с В. Н. Самойловой, В. П. Петровым.
425. Новое по минералогии и петрографии асканских глин.— В кн.: Сб. тр. Ин-та геологии и минералогии АН СССР. М., с. 3—10.

- Совместно с В. П. Петровым.
426. О действии фосфорной кислоты на кварцевое стекло.— Тр. Ленингр. хим.-технол. ин-та, вып. 2, с. 45—49. Совместно с Н. А. Тороповым, Н. А. Коноваловой.
427. Выступление на Общем собрании Академии наук СССР 16 февраля 1951 г., посвященном избранию академика А. Н. Несмеянова на пост Президента Академии наук СССР.— Вестн. АН СССР, № 3, с. 17—18.
428. Рец.: *Пинскер З. Г.* Дифракция электронов. М.; Л., 1949, с. 404.— Журн. физ. химии, т. 25, вып. 5, с. 639. Совместно с А. В. Шубниковым, Г. Г. Леммлейном, Н. В. Беловым, М. М. Уманским, Г. С. Ждаповым.
429. Рец. на кн.: *Шевченко Е. В.* Структурные особенности пекоторых пермских плутонов Центрального Казахстана. Львов. 263 с.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, с. 158—163.
430. Рец.: Труды 4-го совещ. по экспериментальной минералогии и петрографии. М. Вып. 1. 200 с.
431. Вступление.— В кн.: Тр. 4-го совещ. по экспериментальной минералогии и петрографии. М., вып. 1, с. 3—7.

1952

432. Петрография технического камня. М. 583 с. Совместно с Б. В. Ивановым, В. В. Лапиным.
433. Наши насущные задачи: (Итоги совещания по координации планов научных исследований Академии наук СССР, филиалов Академии наук СССР и академий наук союзных республик).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, с. 3—5. Совместно с Г. Д. Афанасьевым.
434. Об одном опытном хромито-магнезиально-доломитовом огнеупоре.— ДАН СССР, т. 86, № 1, с. 161—164.
435. К вопросу о туфовых лавах Армении.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 3, с. 141—144.
436. О проблеме «Высокотемпературные химико-минералогические равновесия как основа изучения природного и технического камня».— Вестн. АН СССР, № 6, с. 62—65.
437. Камневедение.— Природа, № 8, с. 3—13.
438. Профессор Петр Николаевич Чирвинский: (К 50-летию научной и педагогической деятельности).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, с. 130—132.
439. Рец.: *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Избранные труды. М. Т. 3. 442 с. Совместно с М. К. Бельштерли.
440. Предисловие.— В кн.: Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Избр. тр. М., т. 3, с. 3.
441. Рец.: Полевые шпаты: Сб. ст. М. 403 с.
442. Предисловие.— В кн.: Полевые шпаты: Сб. ст. М., с. 3—5.
443. Дифференциация магмы.— В кн.: Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1958, т. 2, с. 351—355. Написана в 1952 г., но автор не успел ее опубликовать. Она напечатана посмертно.
444. Пробужденные недра Земли.— Огонек, № 45.

1953

445. Предисловие.— В кн.: Безбородов М. А. Камни и свилы в стекле (их происхождение, свойства, распознавание и предупреждение). 3-е изд., доп. и испр. М. 327 с.
446. К вопросу о фазовом составе некоторых известково-хромовых

- шлаков и в особенности о характерной водорастворимой извести в них.— ДАН СССР, т. 91, № 4, с. 911—914. Совместно с В. В. Лапиным.
447. Рец.: *Щербина В. Д.* Глауберитовые породы и их кора выветривания.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, с. 158—159.
448. Рец. на кн.: *Барт Т. Ф.* Дифференциация в сложном аплитовом теле с Прибыловых островов на Аляске.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 3, с. 151—152.
449. Накануне предстоящего совещания по петрографии магматических горных пород.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 1, с. 8—14.
450. Выступление в прениях по докладу Несмеянова А. Н. «Задачи АН СССР в свете решений XIX съезда Коммунистической партии СССР».— Вестн. АН СССР, № 3, с. 41—42.
451. К вопросу о фазовом составе некоторых известково-хромовых шлаков и в особенности о характерной водорастворимости извести в них.— ДАН СССР. Н. С., т. 91 № 4, с. 911—914. Совместно с В. В. Лапиным.
452. К итогам первого совещания по магматической петрографии в АН СССР (апрель 1953).— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 3, с. 3—6.
453. Об эксперименте в петрографии.— В кн.: Тр. 4-го совещ. по эксперим. минералогии и петрографии. М., вып. 2, с. 7—14.
454. Петрографические исследования А. П. Карпинского и его направление в петрографии.— В кн.: Очерки по истории геологических знаний. М., вып. 1, с. 193—198.
455. Предисловие.— Тр. Ин-та геол. наук, вып. 148. Петрогр. сер., № 144, с. 3—6.
456. Пробудените недра на земята.— Природа и знание, т. 6, № 5. с. 21—22.

1954

457. Вступительное слово.— В кн.: Тр. 1-й сес. Комис. по определению абсолютного возраста геологических формаций (12—15 апреля 1952 г.). М., с. 7—8.
458. Kristallogoptik. Berlin. 180 с. Совместно с В. П. Петровым.
459. Физико-химические системы силикатной технологии. М. 372 с. Совместно с В. В. Лапиным, Н. А. Тороповым.

1955

460. Задачи и предмет совещания: (Докл. на 1-м Всесоюз. петрогр. совещ.).— В кн.: Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. М., с. 8—16.

1956

461. Академик Д. С. Белянкин: Избранные труды. М. Т. 1. 884 с.
462. Кристаллооптика. Пекин. 128 с. Совместно с В. П. Петровым. На кит. яз.

1957

463. Петрография технического камня. Варшава. 140 с. Совместно с В. В. Лапиным и Б. В. Ивановым. На пол. яз.
464. Химико-минералогические изменения шамота в процессе его службы в кладке доменной печи.— В кн.: Исследования доменного процесса, с. 196—215. Совместно с Б. В. Ивановым, В. Т. Басовым,

1958

(добавл.)

465. Избранные труды. М. Т. II. 843 с.
466. Исследования по экспериментальной минералогии и петрографии в СССР: Очерки по истории геол. знаний, вып. 7, с. 3—44. Совместно с А. И. Цветковым.

1962

467. Франц Юльевич Левинсон-Лессинг (1861—1939).— В кн.: Люди русской науки: Геология и география. М., с. 124—134.

1975

468. Корифей минералогии.— В кн.: Проблемы минерального сырья. М., с. 241—242.

Литература о жизни и творчестве Д. С. Белянкина и по смежным вопросам

469. ААН СССР, ф. 128, оп. 2, № 129, л. 55, 82; № 163, л. 51.
470. ААН СССР, ф. 215, оп. 1, л. 1.
471. Академия наук СССР: Персональный состав. Кн. 1 (1724—1917). М., 1974.
472. Академия наук СССР: Персональный состав. Кн. 2 (1917—1974). М., 1974.
473. *Амеландов А. С.* Перспективы применения уральских мшаски-тов в стеклопроизводстве.— Изв. ГГРУ, 1931, вып. 24, с. 375—388.
474. *Архангельский Н. И.* Основные черты генезиса уральских бок-ситов.— В кн.: За недра Урала. Свердловск: Уралгеоразведка, 1934.
475. *Асафова Н. М.* Дмитрий Степанович Белянкин.— В кн.: Мате-риалы к библиографии трудов ученых СССР. М., 1941. 40 с. (Сер. геол. наук; Вып. 5).
476. *Афанасьев Г. Д., Беликов Б. П., Воробьева О. А., Залес-ский Б. В., Лапин В. В., Петров В. П., Цветков А. И., Щербак-ков Д. И.* Дмитрий Степанович Белянкин: (Некролог).— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1953, № 4, с. 5—12.
477. *Афанасьев Г. Д., Беликов Б. П., Залесский Б. В., Купле-ский Б. М., Лапин В. В., Петров В. П., Устиев Е. К.* К десяти-летию со дня смерти Д. С. Белянкина.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1963, № 10, с. 103.
478. *Афанасьев Г. Д., Залесский Б. В., Лапин В. В., Петров В. П., Цветков А. И.* Дмитрий Степанович Белянкин.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 6, 1951, с. 12—21.
479. *Барсанов Г. П.* Памяти Дмитрия Степановича Белянкина.— Тр. Минерал. музея АН СССР, 1953, вып. 5, с. 3—6.
480. *Безбородов М. А.* Камни в стекле. 2-е изд. М.; Л., 1939.
481. *Безбородов М. А.* Уральские огнеупорные глины.— Лег. пром-сть, 1942, № 3/4, с. 7—10.
482. *Безбородов М. А.* Туркменский фарфор. Ашхабад, 1944.
483. *Безбородов М. А.* Фарфор из сырых материалов Туркмении.— Природа, 1944, № 5/6, с. 79—89.
484. *Безбородов М. А.* Получение фарфора без полевого шпата из сырьевых материалов Туркмении.— ДАН СССР, 1945, т. 47, № 8, с. 589—592.
485. *Безбородов М. А.* Диас из сырых материалов Туркмении.— Изв. Туркм. фил. АН СССР, 1945, № 1, с. 73—78.
486. *Безбородов М. А.* Шамотные огнеупоры из туркменских глин. Ашхабад, 1945.
487. *Безбородов М. А.* Камни и свилы в стекле. М.: Промстройиз-дат, 1953.
488. *Безбородов М. А.* Синтез и строение силикатных стекол. Минск: Наука и техника, 1968.

489. *Безбородов М. А.* Самопроизвольная кристаллизация силикатных стекол. Минск: Наука и техника, 1981.
490. *Безбородов М. А., Мазелев Л. Я.* Опыт получения архитектурно-строительного стекла на основе торфяных плаков Гомельского завода им. М. В. Ломоносова.— В кн.: Сб. науч. работ Белорус. политехн. ин-та, 1955, вып. 47, с. 29—35.
491. *Безбородов М. А., Шур М. Ф., Можейко И. И.* Разъедание стекловарных горшков железом.— Керамика и стекло, 1930, № 1, с. 11—19.
492. *Безруков П. Л., Яншин А. Л.* Юрские отложения и месторождение алюминиевых руд в примугоджарских степях.— Тр. Всесоюз. ин-та минер. сырья, 1935, вып. 110, с. 75.
493. *Белов Н. В.* Кристаллохимия минерализаторов.— ДАН СССР, 1950, т. 74, с. 61—64.
494. *Бельштейн М. К., Школа Ф. Ю.* Левинсон-Лессинга в Петербургском политехническом институте.— В кн.: Очерки по истории геологических знаний. М., 1953, вып. 2, с. 143—157.
495. *Белянкин Дмитрий Степанович.* 23.VIII 1876—20.VI 1953: (Некролог).— ДАН СССР, 1953, т. 91, № 1, с. 5—6.
496. *Белянкин Дмитрий Степанович:* (Некролог).— В кн.: Вопросы петрографии и минералогии. М., 1953, т. 1, с. 3—5.
497. *Белянкин Д. С.* Биографический словарь деятелей естествознания и техники. М., 1958. Т. 1. 61 с.
498. *Белянкина Е. Д.* Жизнь и деятельность Д. С. Белянкина.— В кн.: Идеи академика Д. С. Белянкина в области петрографии и минералогии и их дальнейшее развитие. М., 1974, с. 7—13.
499. Биографический словарь профессоров и преподавателей имп. Юрьевского, бывшего Дерптского, университета за 100 лет его существования (1802—1902)/Под ред. Левицкого, 1902. Т. 1. 257 с.
500. *Блок Г. П.* Обзор научно-издательской деятельности Комиссии по изучению естественных производительных сил России, 1915—1920. Пг, 1920.
- 501—502. *Блюмберг В. Я.* По поводу одной гипотезы о ликвации.— Керамика и стекло, 1932, № 5/6, с. 15.
503. *Ботвинкин О. К.* К вопросу о расслаивании силикатных расплавов.— Керамика и стекло, 1932, № 5/6, с. 12.
504. *Боуэн Н. Л.* Эволюция изверженных пород: Пер. с англ. М.; Л., Новосибирск, 1934.
505. *Бредиг Г., Жуковский Г. Ю.* Исследование природы жидких кристаллов посредством электрического эндосмоса.— Изв. СПб. политехн. ин-та. Техн. отд-ние, 1904, т. 2, с. 155—164.
506. *Будников П. П., Мандельгрин Е. Д.* Хромито-динасовый кирпич.— Журн. прикл. химии, 1932, № 3/4, с. 299—302.
507. *Бунин М. С.* Стрелка Васильевского острова. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957.
508. *Вавилов С. И.* Тридцать лет советской науки. М.; Л., 1947.
509. *Вересаев В. В.* Воспоминания: Собр. соч. М., 1961, т. 5, с. 300—343.
510. *Вернадский В. И.* О группе силлиманита и о роли глинозема в силикатах. М., 1891.
511. *Вернадский В. И.* Об изучении естественных производительных сил России.— Изв. Акад. наук. Сер. VI, 1915, № 8, с. 679—700.
512. *Воано В. Г.* По поводу статьи проф. Швецова «О расслаивании стекла при его застывании».— Керамика и стекло, 1932, № 5/6, с. 15.

513. *Вознесенский Н. А.* Военная экономика СССР в период Отечественной войны. М.: Госполитиздат, 1948. 191 с.
514. Н. А. Вознесенский.— В кн.: БСЭ. 2-е изд., 1951, т. 51, с. 60.
515. *Волькенштейн М. В.* Молекулярная оптика М.; Л., 1951.
516. *Гинзберг А. С.* Памяти акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга (1861—1939).— Природа, 1940, № 1, с. 117—120.
517. *Гинзберг А. С.* Очерк истории развития экспериментальных исследований в области минералогии и петрографии в России.— В кн.: Тр. 4-го совещ. по эксперим. минералогии и петрографии. М., 1953, вып. 2, с. 271—282.
518. *Гинзберг А. С.* Роль академика Д. С. Белянкина в развитии русской и советской петрографии.— В кн.: Тр. 5-го Совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958, с. 7—18.
519. *Годлевский М. Н.* Уточнение понятия о минерале.— Зап. Всерос. минерал. о-ва, 1937, ч. 66, вып. 1, с. 107—111.
520. *Грабарь В. Э.* Четверть века в Тартуском (Дерптском — Юрьевском) университете.— Учен. зап. Тарт. гос. ун-та, 1954, вып. 35, с. 55—76.
521. *Грейг Дж. В.* Явления несмешиваемости в силикатных расплавах.— В кн.: Классические работы по физико-химии силикатов/Под ред. Д. С. Белянкина. Л., 1937, с. 185.
522. *Григорьев Д. П., Искюль Е. В.* Дифференциация некоторых силикатных расплавов как результат образования двух несмешивающихся жидкостей.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1937, вып. 1, с. 77—106.
523. *Грум-Гржимайло В. Е.* О динасе. 1. Черный динас. 2. О перерождении динаса в сводовых кирпичах маргеновской печи.— Журн. Рус. металлург. о-ва, 1928, № 3, с. 55—60.
524. *Деген Е.* Воспоминания дерптского студента.— Мир божий, 1902, № 2, с. 80.
525. *Дралле Р., Кеппелер Г.* Производства стекла. М., 1928. Т. 1. Ч. 1. 59 с.
526. *Еремеев П. В.* Доклад на заседании 18 сентября 1878 года СПб. минерал. о-ва.— Зап. СПб. минерал. о-ва, 1879, ч. 14, с. 245—247.
527. *Еремеев П. В.* Доклад на заседании 18 сентября 1879 года СПб. минерал. о-ва.— Зап. СПб. минерал. о-ва, 1880, ч. 15, с. 194—196.
528. *Жилин А. И.* Об использовании уральских горных пород в стеклоделии.— Керамика и стекло, 1930, № 7/8, с. 353—356.
529. *Жуковский Г. Ю.* По поводу статьи Б. С. Швецова «О расслаивании стекла при его застывании».— Керамика и стекло, 1932, № 5/6, с. 12.
530. *Жуковский Г. Ю.* К 30-летию юбилею научной деятельности.— В кн.: Стеклотехника. М.: Л., 1934, с. 55—56.
531. Журнал Министерства народного просвещения, СПб., 1897, сентябрь.
532. *Землячченский П. А.* К вопросу об изменениях, претерпеваемых каолинитом при нагревании.— Тр. отд. глиняных материалов КЕПС, 1923, № 18, с. 41—47.
533. *Заварицкий А. Н.* Некоторые горные породы окрестностей Царево-Александровского прииска в Миасской Даче.— Зап. Горн. ин-та, 1911, т. 3, вып. 2, с. 124—126.

534. *Заварицкий А. Н.* Сульфатный канкринит из Ильменских гор: (К столетию названия «канкринит»).— Зап. Рос. минерал. о-ва. Сер. 2, 1929, ч. 58, вып. 2, с. 201—207.
535. *Заварицкий А. Н., Соболев В. С.* Физико-химические основы петрографии изверженных горных пород. М., 1961. 383 с.
536. *Залесский Б. В., Петров В. П.* Арктическое месторождение туфовых лав.— Тр. Петрин АН СССР, 1931, вып. 1, с. 71—87.
537. *Залесский Б. В., Петров В. П.* Мелкие моногенные эффузии центральной части Юго-Осетии.— Тр. Петрин АН СССР, 1934, вып. 6, с. 115—140.
538. *Зинн Д.* Столетие Юрьевского университета.— Нива, 1902, № 49, с. 976—978.
539. *Иванов Б. В.* Некоторые моменты службы огнеупоров на Мариупольском металлургическом заводе им. Ильича.— Тр. Петрин АН СССР, 1936, вып. 9, с. 23—52.
540. *Иванов И.* Разложение шлака от медной плавки древних обитателей Сибири из округа Кольванско-Воскресенских заводов.— Горн. журн., 1838, ч. I, кн. 2, с. 250—256.
541. *Исмаилов А.* Нальчик. В центре Большого Кавказа.— Геогр. ежегодник «Земля и люди», 1971. М.: Мысль, 1970, с. 200—201.
542. *Карпинский А. П.* О потере минералами в уд. весе при сплавлении: (Сообщение на заседании Отделения геологии и минералогии СПб. о-ва естествоиспытателей, 25 апреля 1874 г.).— Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, 1874, ч. 5, вып. 2, с. 49—50.
543. *Ключевский В. О.* Сочинения. М., 1956. Т. 7. 143 с.
544. *Козеровский К.* Опыты над воспроизведением породообразующих минералов и исследование некоторых шлаков.— Изв. Варшав. ун-та, 1888, № 1, с. 1—9.
545. *Корчемкин Л. И.* О влиянии паров воды на вязкость расплавов горных пород и системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ — Зап. Всерос. минерал. о-ва, 1945, т. 74, № 4, с. 229—304.
546. *Кузнецов С. С.* Крупный русский ученый Ф. Ю. Левинсон-Лессинг.— Вестн. ЛГУ, 1948, № 5, с. 128.
547. *Куманин К. Г.* О часовъярской глине.— Тр. Петрин АН СССР, 1933, вып. 4, с. 101—109.
548. *Куплетский Б. М.* Геолого-петрографический очерк Ахманганского плато.— В кн.: Бассейн озера Гокча. Л., 1929, т. I.
549. *Куприянова Л. М.* О хромодинасе.— Огнеупоры, 1936, № 9, с. 544—559.
550. *Лагорно А. Е.* Андезиты Кавказа. Юрьев, 1878. На нем. яз.
551. *Лапин В. В.* Развитие технической петрографии за годы пятилеток.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1951, № 6, с. 22—33.
552. *Лапин В. В.* Техническая петрография, ее развитие и взаимоотношение с экспериментальной петрографией.— В кн.: Тр. 4-го совещ. по эксперим. минералогии и петрографии. М.; 1953, вып. I, с. 165—176.
553. *Лапин В. В.* Роль трудов Д. С. Белянкина в развитии современной технической петрографии.— Природа, 1977, № 8, с. 64—71.
554. *Лапин В. В., Рашин Г. А.* Современные задачи технической петрографии и ее роль в научно-техническом прогрессе.— Тр. Девятого Всесоюз. совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. Иркутск, 1975.
555. *Лапин В. В., Рашин Г. А.* Современные задачи технической петрографии и ее роль в научно-техническом прогрессе.—

- В кн.: Эксперименты в области технического минералообразования. М., 1975, с. 3—8.
556. *Лебедев П. И.* Вулкан Алагез и его лавы.—Тр. СОПС. Сер. закавк., 1931, вып. 3, с. 115—379.
 557. *Лебедев П. И.* Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг как теоретик петрографии. М., 1947, с. 114.
 558. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Исследование по теоретической петрографии в связи с изучением изверженных пород Центрального Кавказа.—Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, 1898, т. 26, вып. 5, с. 26.
 559. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Сферолитовые породы Мугоджар.—Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. Отд-ние геологии и минералогии, 1905, т. 33, вып. 5, с. 131—165.
 560. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Полвека микроскопии в петрографии.—Изв. СПб. политехн. ин-та, 1908, т. 10, вып. 1, с. 339—364.
 561. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Опыты над перекристаллизацией горных пород в твердом состоянии.—Изв. СПб. политехн. ин-та, 1911, т. 15, вып. 2, с. 578—582.
 562. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Вулканы и лавы Центрального Кавказа.—Изв. СПб. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, 1913, т. 20, вып. 1, с. 193—288.
 563. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Несколько мыслей о дифференциации и природе магмы.—Изв. Петрогр. политехн. ин-та. Отд-ние техники, естествознания и математики, 1915, т. 23, вып. 2, с. 459—475.
 564. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Петрография. 2-е изд. Л., 1931. 556 с.
 565. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Работы С. Ф. Жемчужного, имеющие отношение к проблемам минералогии и петрографии.—Изв. Ин-та физ-хим. анализа, 1931, т. 5, вып. 1, с. 17—20.
 566. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* О своеобразном типе дифференциации в вариолите Ялгубы: (Пример ликвации на две несмешивающиеся жидкости).—Тр. Петрин АН СССР, 1935. вып. 5, с. 21—27.
 567. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Введение в историю петрографии. Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 138 с.
 568. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Избранные труды. М.; Л., 1949. Т. 1. 512 с.
 569. *Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Избранные труды. М.; Л., 1952. Т. 3, 442 с.
 570. *Левшин Б. В.* Из истории деятельности ученых в восточных районах страны (1941—1943).—Ист. арх., 1961, № 1, с. 120.
 571. *Лодочкиков В. Н.* Главнейшие пороодообразующие минералы. Л., 1933. 248 с.
 572. *Максименко М. С.* Шлифующие круги из алунда.—Главсиликат, 1921, № 6/7, с. 104—110.
 573. *Марко-Вовчок.* Собр. соч. М., 1957, т. 1. (Критико-биографический очерк А. Белецкого), с. 5—20.
 574. Материалы к истории АН СССР за Советские годы (1917—1947)/Под ред. акад. С. И. Вавилова. М., 1948. 130 с.
 575. *Менделеев Д. И.* Основы химии. 13-е изд. М.; Л., 1947, т. I, с. 374—375.
 576. *Менделеев Д. И.* Сочинения. Л.; М., 1952, т. 23, с. 377—379.
 577. *Молдзеевский А. Б.* Молекулярная физика. М.; Л., 1941.
 578. *Молдаванцев К. П.* Бокситы Северного Урала и проблемы их изучения.—Тр. ЦНИГРИ, 1934, вып. 24.

579. *Морозевич И. А.* Опыты над образованием минералов в магне. Экспериментальное исследование. Варшава, 1897.
580. *Наседкин В. В., Панеш В. И., Рудницкая Е. С.* Некоторые особенности строения природных водосодержащих стекол.—Тр. 4-го Всесоюз. совеща. по стеклообразному состоянию, 16—21 марта 1964 г. М.; Л., 1965, с. 158—160.
581. *Немови З. Н.* Микроскопическое исследование бокситов Северного Урала.—Тр. Петрин АН СССР, 1934, вып. 6.
582. О председателе Президиума Кольского филиала АН СССР.—Вестн. АН СССР, 1952, № 9, с. 109.
583. *Обручев В. А.* Геологические науки в СССР за 25 лет: Стенограмма докл. на сес. АН СССР 18 ноября 1942 г. в Свердловске.—Под знаменем марксизма, 1942, № 11/12, с. 202—215.
584. *Обручев В. А.* Успехи геолого-географических наук в СССР за 25 лет: Введение. М.; Л., 1943, с. 1—9.
585. *Обручев В. А.* Академик Дмитрий Степанович Белянкин: (К 75-летию со дня рождения).—Изв. АН СССР. Сер. геол., 1951, № 6, с. 3—4.
586. *Орлова Г. П., Рудницкая Е. С.* О взаимодействии воды с силикатным расплавом под давлением.—Тр. 4-го Всесоюз. совеща. по стеклообразному состоянию, 16—21 марта 1964 г. М.; Л., 1965, с. 161—162.
587. Первое Всесоюзное петрографическое совещание по проблеме «Закономерности развития магматизма в связи с полезными ископаемыми».—Изв. АН СССР. Сер. геол., 1953, № 4, с. 151.
588. *Петров В. П.* Геолого-минералогические исследования белых глин и некоторые выводы по минералогии и генезису глин вообще.—Тр. Ин-та геол. наук, 1948. № 29. Сер. петрогр., вып. 95, с. 199.
589. *Петров В. П., Еремеев В. П., Белянкина Е. Д.* Идеи Д. С. Белянкина в современной петрографии.—В кн.: Идеи академика Д. С. Белянкина в области петрографии и минералогии и их дальнейшее развитие. М., 1971, с. 14—30.
590. Петрографические критерии ликвации в кислых лавах.—Тр. Ин-та геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР, 1963, вып. 90.
591. *Петухов Е. В.* Императорский Юрьевский, бывший Дерптский, университет в последний период своего столетнего существования (1865—1902). СПб., 1906.
592. *Петухов С. П.* О пороках стекла.—Зап. Рус. техн. о-ва, 1893, вып. 2.
593. *Потапенко С. В.* Физико-химическое изучение каолинов и глин.—В кн.: Каолины и глины УССР. М., 1940, с. 6—194.
594. *Пшоян Г. А., Вальяшихина Е. П.* Термический анализ минералов группы каолинита и галлуазита.—В кн.: Термоаналитические методы исследования в современной минералогии. М., 1970, с. 131—219.
595. Правила для студентов и посторонних слушателей императорского Юрьевского университета. Юрьев, 1903, с. 10—11.
596. *Рожкова Е. В., Соболева М. В.* Минералогия и условия образования бобовых железо-алюминиевых руд.—Тр. Всесоюз. ин-та минер. сырья, 1936, вып. 111, с. 145—204.
597. *Роква М. Л.* К петрографии и минералогии гумбрин и бентонитовых глин.—В кн.: Бентонитовые глины Грузинской ССР. Тбилиси, 1941, с. 47—87.

598. *Ряго Н. Я.* Из истории химического отделения Тартуского государственного университета.—Тр. Ин-та истории естествознания и техники, 1956, т. 12, с. 105—134.
599. *Седлецкий И. Д.* Рентгенографическая характеристика минерала «монотермит».—ДАН СССР, 1949, т. 57. № 2, с. 353—355.
600. *Седлецкий И. Д., Шамрай И. А.* Минералогия сулинских огнеупорных глин.—Учен. зап. Рост. ун-та, 1948, т. 11, вып. 6, с. 21—35.
601. *Сидоренко А. В.* Встречи с Д. С. Белянкиным.—Природа, 1977, № 8, с. 58—63.
602. *Смирнов Н. Н.* О кристаллах из сталактитов стекловарной печи.—Тр. Гос. эксперим. ин-та силикатов, 1924, вып. 16, с. 9—17.
603. *Соколов Н.* Рассуждение о перидотите как продукте металлургических операций. СПб., 1857.
604. *Соловьев С. П.* Петрографическое наследие академика Д. С. Белянкина — почетного члена ВМО.—Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. Сер. 2, 1977, ч. 106, вып. 4, с. 460—463.
605. *Стеклотехника: Сб. работ науч.-ислед. ин-та стекла/Под ред. Г. Ю. Жуковского, М.; Л., 1934, сб. 1.*
606. Тамман.— В кн.: Энцикл. словарь/Брокгауз и Ефрон, 1901, т. 37а, п/т 64, с. 575—576.
607. Тарту (б. Юрьев, Дерпт, Дорпат).— В кн.: БСЭ. 2-е изд., 1956, т. 41, с. 630—631.
608. *Твалчрелидзе А. А.* Флоридиновые и бентонитовые глины Западной Грузии.— В кн.: Отбеливающие земли СССР. Л.; М., 1933, с. 301—312.
609. *Устиев Е. К.* Тримимитовый дацит с Кельского плато в Центральном Кавказе.—Тр. Петрин АН СССР, 1934, вып. 6, с. 159—162.
610. *Фаворская М. А.* Введение.— В кн.: Петрографические критерии ликвации в кислых лавах.—Тр. Ин-та геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР, 1963, вып. 90, с. 3—7.
611. *Хитаров Н. И., Лебедев Е. Б., Ренгартен Е. В., Арсеньева Р. В.* Сравнительная характеристика растворимости воды в базальтовом и гранитном расплавах.— Геохимия, 1959, № 5.
612. ЦГИА ЭССР, ф. 296, оп. 1, 1902, д. 8, л. 287, 234, 339; ф. 325, оп. 1, ед. хр. 1005, с. 2, 2 об и 3; ф. 402, оп. 1, ед. хр., 1902, с. 3 и 3 об.
613. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр., 1902, с. 11.
614. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1902, с. 26, 26 об.
615. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1902, с. 207.
616. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1902, с. 28 об, 29 об.
617. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1902, с. 29.
618. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 1.
619. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 1 об. и 35.
620. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 2.
621. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 6, 4, 45 об.; 46; 39 об. и 10.
622. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 11.
623. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 13.
624. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 17.
625. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 18.
626. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 25.
627. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 29.

628. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 30.
629. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 33.
630. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 36.
631. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 37.
632. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 38 и 38 об.
633. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 39, 40, 39 об., 40 об.
634. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 41.
635. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 1, ед. хр. 1903, с. 42.
636. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 4, д. 1274, л. 16, 76, 154, 159; д. 1308, л. 85—88, 147, 151; д. 1339, л. 105. Готовые отчеты за 1900—1904 гг. по состоянию на 1 января.
637. ЦГИА ЭССР, ф. 402, оп. 5, 1901—1906, д. 1527, л. 1—14.
638. *Чертков В.* Русские студенты в освободительном движении. М., 1907.
639. *Чирвинский П. Н.* Родоначальная магма глубинных пород Ильменских гор.— Зап. Рос. минерал. о-ва, Сер. 2, 1925, ч. 54, с. 37—50.
640. *Чухров Ф. В., Резников Н. И., Лапин В. В.* Минералы. Диаграммы фазовых равновесий. Вып. I. Фазовые равновесия, важные для природного минералообразования; Вып. II. Фазовые равновесия, важные для технического минералообразования. М.: Наука, 1974. 514 с.
641. *Швецов Б. С.* О сталактитах ванной печи Великодворского стекольного завода.— Тр. Гос. эксперим. ин-та силикатов, 1924, вып. 16, с. 5—8.
642. *Швецов Б. С.* О расслаивании стекла при его застывании.— Изв. АН СССР. Отд-ние физ.-мат. наук, 1931, с. 1141—1150.
643. *Швецов Б. С.* О ликвации стекла.— Керамика и стекло, 1932, № 5/6, с. 9.
644. *Шевяков Л. Д.* Люди науки на Урале в дни войны: (Дневник акад. Л. Д. Шевякова 1941—1943 гг.).— Ист. арх., 1961, № 1, с. 87—99.
645. *Шевяков Л. Д.* Люди науки на Урале в дни войны: (Дневник акад. Л. Д. Шевякова).— Ист. арх., 1961, № 3, май—июль, с. 201—224.
646. *Шевяков Л. Д.* Люди науки на Урале в дни войны: (Дневник акад. Л. Д. Шевякова).— Ист. арх., 1961, № 4, июль—август, с. 159—181.
647. *Эрингсон Л.* Из истории Тартуского университета в конце XIX и начале XX в.— Учен. зап. Тарт. ун-та, 1961, вып. 114, с. 177—214.
648. *Янсен Э.* О революционном движении среди тартуских студентов в конце XIX и начале XX в.— Учен. зап. Тарт. ун-та, 1954, с. 3—54.
649. *Barth Th.* Die Pegmatitgange d. kaled. Intrusivsteine im Seilandgebiete. Oslo, 1927.
650. *Besborodow M. A.* Ein Beispiel der Zersetzung eines Dinassteins im Glasschmelzofen.— Keram. Rdsch., 1927, Bd. 35, N 32, S. 515—516.
651. *Besborodow M. A.* Obtaining of porcelain without feldspar from turkmenian raw materials.— Dokl. Akad. sci. URSS, 1945, vol. 47, N 8, p. 568—570.
652. *Bowen N.* The evolution of the igneous rocks. Princeton, 1928.
653. *Bowen N. L., Greig J. W.*— J. Amer. Ceram. Soc., 1924, vol. 7, p. 238—254.

654. *Brindley G. W., Nakahira M.* The kaolinite-mullite reaction series. I. A study of outstanding problems. II. Metakaolin. III. The high-temperature phases.—*J. Amer. Ceram. Soc.*, 1959, vol. 42, N 7, p. 311—324.
655. *Buerger M. J.* The structural nature of the mineralizer action of fluorine and hydroxyl.—*Amer. Mineralogist*, 1948, vol. 33, N 11/12, p. 744—747.
656. *Clarke G. M.* Constitution of the silicates.—*Geol. Surv. Bull.*, 1895, N 125, p. 7—109.
657. *Darwin Ch.* Volcanic islands. L., 1844.
658. *Day A. L.* Possible causes of the volcanic activity at Lassen Park.—*J. Franklin Inst.*, 1922, vol. 194, N 5, p. 569—582.
659. *Durocher J.* Essai de pétrologie comparée on recherches sur la composition chimique et minéralogique des roches ignées, sur les phénomènes de leur émission et sur leur classification.—*Ann. Mineral. Sér. 5*, 1857, t. 11, p. 217.
660. *Durocher J.* Appendice au mémoire «Essai de pétrologie comparée...» — *Ann. Mineral. Sér. 5*, 1857, t. 11, p.
661. *Faber W.* Die Mineralien der Bleochlacken Anwendung geist-einkundlicher Untersuchungsmethoden und Schlacken.—*Chem. Erde*, 1935, Bd. 10, N 1, S. 67—115.
662. *Fenner C. N.* Die Stabilitätsbeziehungen der Kieselsäuremineralien.—*Ztschr. anorg. Chem.*, 1914, Bd. 85, N 2, S. 133—197; *Amer. J. Sci.*, 1913, vol. 4, N 36, p. 331—389.
663. *Fenner C. N.* Immiscibility of igneous magmas.—*Amer. J. Sci.*, 1948, vol. 246, N 8, p. 465—502.
664. *Flörke O. W.* Neue Auffassungen über die Krystallinen Kieselsäurephasen.—*Fortschr. Mineral.*, 1957, Bd. 35, N 1, S. 18—22.
665. *Flörke O. W.* Der Einfluß der Alkaliionen auf die Kristallisation des SiO₂.—*Geologie*, 1954, Bd. 3, N 1, S. 71—73. *Пер. ст. в КН.: «Рубидий»*. М., 1959, с. 19—21.
666. *Grim R. E., Bray R. H., Bradley W. F.* The mica in argillaceous sediments.—*Amer. Mineralogist*, 1937, vol. 22, N 7, p. 813—829.
667. *Hoffman U., Endell K., Wilm D.* Röntgenographische und kolloidchemische Untersuchungen über Ton.—*Angew. Chem.*, 1934, Bd. 47, S. 539—548.
668. *Holmquist P. J.* Über die Bildung von Tridymit und Cristobalit in Quarzziegeln.—*Geol. fören. Stockholm förhandl.*, 1911, Bd. 33, s. 245—260.
669. *Holmquist P. J.*—*Roy. Swed. Acad. Eng. Sci. Proc.*, 1947, N 192.
670. *Larsen B. M.* Silica-brick in the openhearth furnace.—*Blast furnace and Steel Plant*, 1928, vol. 16, p. 803—807.
671. *Larsen E.*—*Econ. Geol.*, 1928, vol. 23, p. 398—433.
672. *Larsen E. S., Steiger G.* Sulfatic cancrinite from Colorado.—*Amer. J. Sci. Ser. 4*, 1916, vol. 42, p. 332—334.
673. *Le Chatelier H.* De l'action de la chaleur sur les argiles.—*Bull. Soc. franç. minér. et cristallogr.*, 1887, vol. 10, p. 204—211.
674. *Lehmann O.* Flüssige Kristalle sowie Plastizität von Kristallen im allgemeinen molekularen Umlagerungen und Aggregatzustandsänderungen. Leipzig, 1904.
675. *Lewin J., Ott J.* X-ray study of opals, silica glass and silicagel.—*Ztschr. Kristallogr.*, 1933, Bd. 85, S. 305—318.
676. *Lewinson-Lessing F.* Die Variolite von Jalguba im Gouv. Olo-netz.—*Tschermaks miner. und petrogr. Mitt. N. F.*, 1885, Bd. 6, N 4/6, S. 281—300.

677. *Morgan G., Davies G. R.*—Chem. and Industry, 1937, Aug. 7, p. 717.
678. *Mügge O.* Zur Kenntnis der sogenannten Dinassteine.—Neues Jahrb. Mineral., 1916, Bd. 2, S. 1—16.
679. *Orcel E. Callière S.* L'Analyse thermique différentielle des argiles a montmorillonite (bentonites).—C. r. Acad. sci., 1933, t. 197, p. 774—777.
680. *Scrope G.* Volcanoes. 2nd ed. 1872.
681. *Rengade M. E.* Sur la composition des bricques de silice provenant des voûtes de four Martin.—C. r. Acad. sci., 1918, t. 166, p. 779.
682. *Rogers A. F.* The occurrence of cristobalite in California.—Amer. J. Sci., 1918, vol. 45, p. 222—226.
683. *Rosenbusch H.* Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. 4. Aufl. Stuttgart, 1904—1908, Bd. 1, 2.
684. *Ross C. S., Kerr P. F.* The Kaolin minerals.—Geol. Surv., Profess. Pap., 1931, N 165-E, p. 151—176.
685. *Ross C. S., Kerr P. F.* Halloysite and allophane.—Geol. Surv., Profess. Pap., 1934, N 185-G, p. 135—148.
686. *Roth G.* Über cristobalite vom Cerro St. Cristobal, bei Panchucu (Mexico).—Neues Jahrb. Mineral., 1887, Bd. 1, S. 198.
687. *Roy R., Osborn E. F.* The system $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$.—Amer. Mineralogist, 1954, vol. 39, N 11/12, p. 853—885.
688. *Rueckel W. G.*—J. Amer. Ceram. Soc., 1938, vol. 21, p. 354—360.
689. *Scholes S. R.* The loss of silica during glass melting.—J. Amer. Ceram. Soc., 1928, vol. 11, N 2, p. 79.
690. *Shannon E. V.* Cristobalite from the Colubir-river basalt at Spokane, Washington.—J. Wash. Acad. Sci. 1922, vol. 12, p. 195.
691. *Shannon E. V.* On siderite and associated minerals from the Colubir-river basalt.—Proc. Wash. Inst. Nat. Mus., 1923, vol. 68, N 12, p. 1—19.
692. *Shepherd E. S.* Analysis of gases from volcanoes and rocks.—J. Geol., 1925, vol. 33, p. 289—370.
693. *Stewart F. H.* On sulphatic cancrinite and analcime from Loch Borolom, Assynt.—Mineral. Mag., 1941, vol. 26, N 172, p. 1—8.
694. *Tammann G.*—Ann. Phys., 1900, Bd. 2, S. 1.
695. *Tammann G.* Kristallisieren und Schmelzen: Ein Beitrag zur Lehre der Änderungen des Aggregatzustandes. Leipzig, 1903.
696. *Tanton T. L.* Evidence of liquid immiscibility in a silicate magma, Agate Point, Ontario.—J. Geol., 1925, vol. 33, p. 629—641.
697. *Taylor H.* Crystallographic aspects of high temperature transformations of clay minerals.—In: Clay and Clay Miner. Proc. 12th Conf. N. Y., 1964.
698. *Tuttle O. F., Friedman J. Y.* Liquid immiscibility in the system $\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$.—J. Amer. Chem. Soc. 1948, vol. 70, N 3, p. 919—926. Пер. в кн.: «Вопросы физико-химии в минералогии и петрографии». М., Изд. иностр. лит. 1950, с. 9—22.
699. *Vernadsky W.* Sur la reproduction de la silimanite.—Bull. Soc. franç. minér. et cristallogr., 1890, t. 13, N 7, p. 256—271.
700. *Washington H.*—Amer. J. Sci., 1923, vol. 6, N 5, p. 409.

Содержание

Предисловие	5
От автора	7
Жизненный путь	9
Семья. Юные годы (1876—1903 гг.)	9
Работа в Политехническом институте (1903—1917 гг.)	19
Научная деятельность в 1917—1935 гг.	37
Работа в Академии наук СССР (1935—1953 гг.) . . .	47
Д. С. Белянкин в годы Великой Отечественной войны	50
Последнее десятилетие	57
Д. С. Белянкин — академик-секретарь Отделения геолого-географических наук АН СССР	65
Основные направления научной деятельности	69
Работы в области петрографии естественных горных пород	70
Минералы горных пород	93
Несколько замечаний об общепетрографических работах Д. С. Белянкина	109
Петрография технического камня	110
О современном значении работ Д. С. Белянкина по технической петрографии	149
Важнейшие даты жизни и деятельности Д. С. Белянкина	152
Труды Д. С. Белянкина	156
Литература о жизни и творчестве Д. С. Белянкина и по смежным вопросам	181

Михаил Алексеевич Безбородов

**Дмитрий Степанович
Белянкин**

1876—1953

Утверждено к печати
редколлекцией научно-биографической серии
Академии наук СССР

Редактор издательства Л. С. Тапельзон
Художественный редактор Л. В. Кабатова
Технические редакторы Т. В. Калинина, Н. А. Типикина
Корректоры Н. М. Вселюбская, Ф. А. Дебабов

ИБ № 29159

Сдано в набор 26.10.84.

Подписано к печати 17.01.85.

Г-01011. Формат 84×108 1/32

Бумага книжно-журнальная импортная

Гарнитура обыкновенная

Печать высокая

Усл. печ. л. 10,08. Уч.-изд. л. 11,4 Усл. кр. от. 10,29

Тираж 4850 экз. Тип. зак. 729.

Цена 1 р. 20 к.

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

2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

Дмитрий Степанович БЕЛЯНКИН

М.А.Безбородов



М.А.Безбородов

Дмитрий Степанович

БЕЛЯНКИН

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА

Ф. И. Вольфсон, Н. С. Зонтов, Г. Р. Шушанин

ПЕТР ЯКОВЛЕВИЧ АНТРОПОВ

Книга посвящена жизни и деятельности государственного деятеля, ученого-геолога и организатора геологической службы страны, внесшего большой вклад в создание и развитие минерально-сырьевой базы народного хозяйства СССР, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской и Государственной премий. Жизненный путь П. Я. Антропова показан на фоне общего развития горной промышленности, поисковых и геологоразведочных работ и геологического изучения разнообразных полезных ископаемых в нашей стране.

Для читателей, интересующихся развитием отечественной науки и промышленности.

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

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