

ПЕРМСКАЯ ШКОЛА РУДНИЧНОЙ АЭРОЛОГИИ И ЕЁ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ПРОВЕТРИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК РУДНЫХ ШАХТ

Л.Ю. Левин, Горный институт УрО РАН

А.В. Зайцев, Горный институт УрО РАН

Г.З. Файнбург, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Для цитирования:

Левин Л.Ю., Зайцев А.В., Файнбург Г.З. Пермская школа рудничной аэрологии и её вклад в развитие теории и практики проветривания подземных горных выработок рудных шахт // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2024. – № 4. – С. 50–60. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.4.4>

13 июля 2024 года исполняется 150 лет со дня рождения горного инженера, академика Александра Александровича Скочинского – выдающегося ученого и основоположника отечественной школы аэрологии горных предприятий и безопасности ведения горных работ. Сложно переоценить его вклад в становление горных наук и развитие горного производства в нашей стране, ведь все научные центры в области аэрологической безопасности, расположенные от Донбасса до Дальнего Востока, были основаны учениками Александра Александровича. Не является исключением Пермская школа рудничной аэрологии, истории образования и становления которой посвящена статья. В статье освещаются основные вехи становления аэрологии калийных рудников, основные полученные результаты, судьбы ученых, современные направления исследований. Материалы статьи вошли в сборник «Александр Александрович Скочинский. Биографический очерк. К 150-летию со дня рождения».

Пермская школа рудничной аэрологии начала формироваться во второй половине XX века. В Молотовской области (до 2 октября 1957 г. Пермская область носила название Молотовской) работали серьезные горнодобывающие предприятия Кизеловского угольного бассейна, сыгравшего исключительную роль в годы Великой отечественной войны, и Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей, калий которого обеспечивал

производство калийных удобрений, а магний – производство металлического магния и титановой губки. Их развитие требовало все больше подготовленных современных кадров, поэтому осенью 1953 г. в городе был открыт Молотовский горный институт.

На Западный Урал из г. Ленинграда был направлен «десант» молодых преподавателей, среди которых был выпускник Ленинградского горного института, уче-

ник самого Владимира Борисовича Комарова, молодой горный инженер Иннокентий Иннокентьевич Медведев, защитивший в 1955 году кандидатскую диссертацию по рудничному проветриванию. Ему выпала судьба стать родоначальником Пермской школы рудничной аэрологии, начать и «поставить на ноги» научные исследования проблем проветривания калийных рудников.

Это был золотой век пара, эпоха паровых машин, пароходов, паровозов, локомотивов, паровых турбин и т.п., бурного развития сталелитейной промышленности. Всё это требовало безопасной и высокопроизводительной добычи огромного количества каменного угля на многочисленных угольных шахтах в условиях метаноопасности и дало возможность выдающемуся горному инженеру, академику Александру Александровичу Скочинскому, проявить свой гений для создания научных основ проветривания подземных горных предприятий – рудничной аэрологии.

С началом создания в Советской России в 1927 году калийной промышленности возникла острая необходимость обеспечения эффективного проветривания калийных рудников, подчиняющегося общим законам рудничной аэрологии и имеющего большое число специфических, присущих только калийным рудникам особенностей. Эти работы велись Ленинградскими учеными, а их несомненным лидером был В.Б. Комаров. Его фундаментальный труд, написанный вместе с А.А. Скочинским, «Рудничная вентиляция», впервые вышедший в свет в 1949 году и удостоенный Сталинской премии первой степени, развивал теоретические основы шахтной аэрологии и обобщал практический опыт проветривания подземных горных выработок. Многие годы он являлся учебником для студентов горных специальностей и своеобразным

справочным пособием для горных инженеров.

Специфика процессов проветривания в горных выработках калийных рудников, их существенные отличия от внешне аналогичных процессов в угольных шахтах требовали решения всех без исключения вопросов рудничного проветривания: от экспериментального определения коэффициента альфа, газоносности пород и газообильности выработок до вопросов микроклимата в гигроскопических горных породах и проветривания камер большого сечения. Таких проблем не было в угольных шахтах, однако они требовали своего научно-обоснованного решения для условий калийных рудников. Их было всего два в Советском Союзе, но их роль в народном хозяйстве страны была огромной.

Исследованиями проветривания угольных шахт занимались сотни учёных в десятках научных и высших учебных заведений. Для калийных шахт почти всё это нужно было сделать усилиями маленького коллектива выпускников первого набора студентов в Горный институт (в 1954 году). В 1960 г. Горный институт был преобразован в Политехнический (ППИ), а в 1961 году в нем появилась кафедра охраны труда и рудничной вентиляции под руководством И.И. Медведева, основной состав сотрудников состоял из первых выпускников Горного института. И они справились со своей «сверхзадачей». Научные результаты этих исследований были подведены в 1962 году в докторской диссертации И.И. Медведева «Теоретические основы и практика проветривания калийных рудников» и монографии «Проветривание калийных рудников» (1970 г.).

Выдающимся учеником И.И. Медведева стал горный инженер (впоследствии доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН) Аркадий Евге-

ньевич Красноштейн. В 1965 году он под руководством И.И. Медведева защитил кандидатскую диссертацию на новую в рудничной аэрологии тему «Исследование проветривания камер большого объема в условиях Верхнекамских калийных рудников», а с переходом И.И. Медведева на должность проректора по научной работе Ленинградского горного института по праву стал общепризнанным научным лидером формирующейся пермской школы рудничной аэрологии. Именно А.Е. Красноштейну довелось сформировать ее и вывести на мировой уровень науки.

При этом главным центром исследований проветривания калийных и каменносоляных рудников являлся Ленинградский горный институт, но по сложившейся практике его сотрудники занимались преимущественно рудниками Белоруссии и Украины, а Верхнекамскими рудниками – Пермский политехнический институт. Это было естественно, ибо А.Е. Красноштейн был любимым учеником И.И. Медведева.

Докторская диссертация (1978 год) А.Е. Красноштейна «Научные основы процессов формирования и нормализации аэрозольного и газового состава атмосферы калийных рудников» подытожила создание научных основ проветривания калийных рудников, заложила научный фундамент всей сегодняшней практики. Это был фундаментальный труд, содержащий почти все вопросы обеспечения безопасности ведения подземных горных работ на калийных рудниках средствами вентиляции. Результаты этой работы послужили базисом создания и утверждения Министерством минеральных удобрений СССР и Госгортехнадзором СССР в 1985 году «Инструкции по расчету количества воздуха, необходимого для проветривания Верхнекамских калийных рудников». Эта Инструкция стала на Верхнекамских калийных рудни-

ках полноправным дополнением и расширением действовавших Единых правил безопасности. На ее основе была разработана аналогичная Инструкция для Старобинского месторождения калийных солей в Белоруссии (1989 г).

Очень важными для практики стали разработка и утверждение новых «Специальных мероприятий по безопасному ведению горных работ на Верхнекамском месторождении калийных солей в условиях газового режима», где в отличие от классического подхода, распространяющего необходимость выполнения этих мероприятий на всю шахту, эти мероприятия распространялись только на отдельные пласты и рабочие зоны в них, отнесенные к числу опасных из-за ГДЯ. Исследования проводились В.И. Фоминых, В.Ф. Коротаевым Н.И. Захаровым, Г.З. Файнбургом и были обобщены в кандидатской диссертации В.И. Фоминых «Исследование физических процессов естественного воздухообмена в горных выработках и разработка методов оценки газовой опасности рабочих зон калийных рудников (На примере Верхнекамского месторождения)» (1990 г.)

Так постепенно на основе многолетних исследований пермская школа рудничной аэрологии стала «законодательницей мод» в проветривании калийных рудников и начала там «править бал». Создание в 1987 году Межведомственного отдела рудничной аэрологии и геофизики, а затем (в 1988 году) на его базе и Горного института УрО АН СССР во главе с А.Е. Красноштейном организационно закрепило бесспорное научное лидерство Перми.

В работах Г.Д. Поляниной, Н.Ф. Красюка, А.Н. Земскова, С.С. Андрейко, В.Ф. Коротаева и других были исследованы и определены газоносность и газобильность горных выработок Верхнекамских калийных рудников, решен ряд

принципиальных вопросов защиты от внезапных газопроявлений – выбросов и суфляров. В работах Н.Д. Лужецкой, Б.П. Казакова, А.Д. Овсянкина были исследованы вопросы микроклимата и пылевой обстановки в условиях гигроскопичности горных пород Верхнекамского месторождения.

Огромную работу провел Н.Н. Мохирев (оппонентом его кандидатской работы в 1971 г. был сам В.Б. Комаров, ласково называемый «Дед») по определению коэффициента альфа и применению методов решения сетевых задач воздухораспределения на электронно-вычислительных машинах. Его работами (в руководимую им творческую группу постоянно входили доценты Н.Г. Лукьянов и Н.А. Трофимов (кандидатская диссертация «Проветривание подготовительных выработок в условиях калийных рудников Верхнекамского месторождения» защищена в 1969 г.)) была создана научная и фактографическая база расчетов вентиляционных сетей калийных рудников, осуществлен поворот в сознании практиков, производителей и инспекции, постепенно привыкших к использованию вентиляторов-эжекторов для регулирования воздушных потоков в калийных рудниках.

Были исследованы даже такие (пренебрежимые в угольных шахтах, но весомые в калийных рудниках) проблемы, как «местные сопротивления», использование эжектирующих направляющих перемычек (Л.М. Веденева «Исследование аэродинамических процессов в местных сопротивлениях и их влияния на воздухораспределение в вентиляционных сетях с большим эквивалентным отверстием, 1995 г.), влияние поршневого эффекта движущегося транспорта на проветривание забоев и панелей (Л.А. Захарова «Исследование процесса возникновения поршневого эффекта в горных выработ-

ках при движении в них самоходного транспорта и его влияние на воздухораспределение», 1997 г.), влияние наклона выработок с конвейерами и нагрева их приводов на «естественную тягу» в калийных рудниках и многое, многое другое, необходимое для точного и квалифицированного расчета проветривания при проектировании и эксплуатации калийных рудников.

Ряд работ был завершён уже после безвременной смерти Н.Н. Мохирева: кандидатские диссертации М.Ю. Лисковой «Влияние выработанных пространств на аэрогазодинамические процессы при аварийных режимах вентиляции рудников» (была защищена в 2010 г.) и А.В. Николаева «Управление тепловыми депрессиями в системах вентиляции калийных рудников (2012 г.).

В работах Г.З. Файнбурга, выполненных под руководством А.Е. Красноштейна, в частности, в кандидатской диссертации «Исследование и разработка методов расчета газовой обстановки в пространственной сети горных выработок на примере Верхнекамского месторождения калийных солей» (1982 г.), впервые в мировой практике рудничной аэрологии был сформулирован, разработан, внедрен и систематически изложен принципиально новый подход к расчету проветривания. Созданный комплекс математических моделей турбулентного переноса, методов решения краевых задач тепло-массопереноса, определенных на ориентированных графах, пакетов вычислительных программ для ЭВМ позволил впервые начать решать задачи собственно «проветривания», а не только стационарного воздухораспределения.

Наиболее полно результаты исследований пермских ученых того времени были описаны в монографии И.И. Медведева и А.Е. Красноштейна «Аэрология калийных рудников» (1990 г.), ряд глав в

которой были написаны совместно с Н.Н. Мохиревым (6-8 гл.), Б.П. Казаковым (11 гл.), Г.З. Файнбургом (12-14 гл.).

Рудничная аэрология – прикладная наука и решает те или иные актуальные для производства конкретные задачи, но одновременно она развивает и общую теорию, так называемую «нетленку». Вот и пермские ученые обеспечили устойчивую работу калийных рудников нашей страны, решили множество конкретных, почти сиюминутных задач, но при этом внесли весомый вклад в общую теорию.

Детальные исследования динамики газовой обстановки, выполненные под руководством А.Е. Красноштейна В.А. Старцевым (кандидатская диссертация «Исследование проветривания Верхнекамских калийных рудников при работе оборудования с двигателями внутреннего сгорания» (1976)), показали, что в калийных рудниках идут процессы «самоочищения» рудничной атмосферы от загрязняющих «чистый» воздух примесей. В результате воздух на исходящих струях рудников зачастую становится чище «свежего» воздуха, поступающего в рудник с промплощадки.

Этот факт позволил развить три основных направления исследований, тем более, что второе направление (рециркуляция) также требовало третьего.

Первым направлением стало использование уникальной чистоты «живого» воздуха – аэродисперсной среды с соляными и радиоактивными (природных уровней) аэрозолями респирабельных размеров и породило сначала спелеотерапию в калийных рудниках, а затем и специальные поверхностные лечебно-оздоровительные комплексы, известные сегодня во всем мире под названиями «соляная пещера», «соляная палата», «спелеоклиматическая камера», «галоклиматическая камера», пионером создания конструкций которых был В.А. Старцев (1982 г.). Этот вклад

пермской аэрологии в общечеловеческую цивилизацию пока еще не оценен по достоинству, но за ним маячат огромные перспективы для массового успешного лечения аллергопатий, снижения иммунитета, постстрессорных состояний и ряда геронтологических проблем. Связанные с этим исследования аэродисперсных систем с соляными аэрозолями были отражены в работах Г.З. Файнбурга, Н.И. Алыменко, М.Т. Шарова, Л.М. Папулова, в кандидатской и докторской диссертациях К.А. Черного «Физические параметры и способы формирования биопозитивной воздушной среды» (1999 г.) и «Проблема оценки и взаимосвязи аэрозольного загрязнения и аэроионного состава воздуха рабочей зоны» (2013 г.).

Вторым направлением стало применение рециркуляционного проветривания, когда часть исходящего воздуха направляется на повторное (правильнее сказать – многократное) использование. Постановка этой проблемы в докторской диссертации А.Е. Красноштейна вызвала в свое время огромный интерес своей «эпатирующей» сущностью и научной новизной. Рассматривая эту, казалось бы, простую идею, А.Е. Красноштейн показал, что практически все основные проблемы проветривания калийных рудников могут быть технически эффективно, надежно и экономически выгодно решены раз и навсегда применением рециркуляционного проветривания. Однако для этого оно должно быть основано на отличной от классического рудничного проветривания парадигме своего концептуального основания, а его организация требует много новых знаний и умений, преодоления незыблемости положений, отстающих от развития технологий правил безопасности. В 1976-1980 гг. в работах Г.З. Файнбурга под руководством А.Е. Красноштейна на примере проветривания 4 и 5 Восточных панелей (добычной участок)

БКРУ-1 была экспериментально изучена организация контролируемой рециркуляции части рудничного поля и создана теоретическая база для её расчетов, а в 1980-х гг. Н.Н. Мохирев реализовал рециркуляционное проветривание с помощью подземного вентилятора целого рудника – СКРУ-1, находящегося на реконструкции наземного ГВУ. Это стало огромным достижением Пермской школы рудничной аэрологии.

Третьим направлением стало развитие моделей и методов расчета не только воздухораспределения, но и газовой, пылевой, микроклиматической обстановок в сети аэродинамически связанных горных выработок разных типов. Такого типа расчет особенно актуален для рециркуляционного проветривания, при котором структура потоков принципиально не может быть представлена в виде «дерева». Такой подход к расчету проветривания был развит в докторской диссертации Г.З. Файнбурга «Моделирование процессов проветривания в многосвязной системе горных выработок» (1991 г.), назван «диффузионно-сетевым» и детально рассмотрен в книге А.Е. Красноштейна и Г.З. Файнбурга «Диффузионно-сетевые методы расчета проветривания шахт и рудников» (1992 г.). Этот подход в перспективе должен стать основным в рудничном проветривании и заменить «позабойный метод», так же как последний недавно сменил «общешахтный» метод расчета потребного для проветривания количества свежего воздуха. Практика, увы, отстает от научной теории, поскольку на нее влияет «консерватизм» правил безопасности.

Таким образом, были созданы общая теория проветривания вентиляционных сетей и вычислительные методы их численного моделирования. В своей докторской диссертации «Разработка современных методов и средств обеспечения

высокоэффективного проветривания рудников, обладающих малыми аэродинамическими сопротивлениями» (1994 г.) Н.Н. Мохирев подвел итоги многолетнего исследования: были определены исходные данные (коэффициент альфа, местные сопротивления) для расчета стационарного воздухораспределения, разработана теория и отработана практика использования вентиляторов-эжекторов. Однако последние были фактически запрещены ЕПБ. Нужны были активные регуляторы (источники тяги) для законного локального управления, и эта проблема была решена в работах Н.И. Алыменко, в его докторской диссертации «Исследование и разработка методов и средств повышения эффективности и надежности проветривания подземных рудников с большим эквивалентным отверстием: на примере калийных рудников» (1998) созданием так называемых ППВУ (подземная передвижная вентиляционная установка). Благодаря этому появились эффективные средства локального управления проветриванием.

Докторские диссертации С.С. Андрейко «Газодинамические явления в калийных рудниках: Генезис, прогноз и управление» (1999 г.) и Б.П. Казакова «Ресурсосберегающие технологии управления климатическими параметрами рудников: на примере калийных рудников» (2001) невольно подвели черту под исследованиями того времени. Все эти работы были начаты еще в Пермском политехническом институте (см. соответствующие кандидатские диссертации С.С. Андрейко «Разработка методов регионального и локального прогнозирования выбросоопасных зон для условий месторождения калийных солей» (1984 г.) и Б.П. Казакова «Исследование процессов пылеподавления в калийных рудниках кондиционированием воздуха» (1973 г.)).

Новый этап развития Пермской школы рудничной аэрологии начался с создания в Перми в 1988 году Горного института УрО АН СССР под руководством А.Е. Красноштейна, образования внутри этого академического института лаборатории «Рудничной аэрологии и горной теплофизики». Нужно было готовить научные кадры и создавать новый научный коллектив. Практика организации науки во всем мире показывает, что на создание устойчивого и прогрессивно развивающегося научного коллектива уходит 10-15 лет. Так произошло и в Перми. Дополнительным стимулом развития Пермской школы стал рост числа и производительности горных предприятий различных отраслей, включая калийную промышленность. Предприятия наращивали объемы добычи, вовлекали в отработку новые, более труднодоступные запасы полезных ископаемых, невольно формируя труднопроветриваемые зоны. Все это приводило к существенному усложнению вентиляционных сетей рудников, порождало принципиально новые проблемы, требовавшие своего решения новыми нетрадиционными методами.

В период с 1998 по 2014 год лаборатория рудничной аэрологии и горной теплофизики под руководством Б.П. Казакова активно участвовала в развитии самых разных научных направлений в ответ на запросы лидеров горной промышленности.

Привлечение новых лиц привело и к расширению тематики исследований, особенно теплофизической направленности. Кроме того, усложнение современного производства требует сегодня доводить научные идеи до их практической реализации, а последняя зачастую требует дорогостоящего оборудования, больших затрат. Появилась потребность в расчете тепло-технического оборудования, проектировании и доведении разработок до состояния «под ключ».

Всё это начало реализовываться в различных проектах, научная новизна которых была отражена в кандидатских диссертациях нового поколения ученых Горного института. Приведем ряд кандидатских работ по рудничной аэрологии. Это работы А.Н. Чистякова «Струйное проветривание тупиковых выработок: На примере калийных рудников» (1999 г.), Д.Н. Алыменко «Работа вентиляторной установки комбинированного типа в рудничной вентиляционной сети» (1999 г.), А.С. Южанина «Использование специальных аэродинамических систем борьбы с внешними утечками воздуха: На примере калийных рудников» (1999 г.), А.Г. Исаевича «Физические процессы формирования свойств воздушной среды под воздействием природных калийных солей» (2000 г.), А.В. Шалимова «Исследование влияния эжекторных установок на воздухораспределение в рудничных вентиляционных сетях произвольной топологии» (2003 г.), Л.Ю. Левина «Исследование и разработка энергосберегающих систем воздухоподготовки для рудников» (2004 г.), Круглова Ю.В. «Моделирование систем оптимального управления воздухораспределением в вентиляционных сетях подземных рудников» (2006 г.), А.А. Каменских «Разработка методов контроля и снижения поверхностных утечек воздуха на рудниках» (2011 г.), А.В. Зайцева «Разработка способов нормализации микроклиматических условий в горных выработках глубоких рудников» (2013 г.), Е.Л. Гришина «Научное обоснование способов повышения надежности вентиляционных сетей подземных рудников» (2013 г.), Д.С. Кормщикова «Исследование и разработка систем аэрогазодинамической безопасности подземных рудников» (2015 г.), М.А. Семина «Обоснование параметров систем вентиляции рудников в реверсивных режимах проветривания» (2016 г.), С.В. Мальцева «Исследование и

разработка способов определения аэродинамических параметров сложных вентиляционных систем подземных рудников» (2020 г.), Д.А. Бородавкина «Расчет и управление нестационарным тепловым режимом рабочих зон длинных очистных забоев (на примере Старобинского месторождения калийных солей)» (2024 г.), Е.В. Колесова «Разработка способов управления капельной влагой в вентиляционных стволах рудников» (2024 г.).

Современная наука знает сегодня натурный эксперимент, теоретический расчет на основе математического моделирования и вычислительной компьютерной техники, а также реализацию полученных результатов в «железе» и нормативно-технической документации. И всё это есть сегодня в Горном институте УрО РАН, в котором Отдел аэрологии и теплофизики под руководством доктора технических наук, члена-корреспондента РАН Л.Ю. Левина уверенно решает множество практических задач отечественных и зарубежных подземных предприятий горной промышленности.

Системообразующую роль здесь играет разработанный в отделе программный комплекс «АэроСеть», позволяющий решать сетевые задачи проветривания сети подземных горных выработок в нормальных и аварийных ситуациях. Программный комплекс получил широкое распространение и в настоящее время применяется на более чем 120 предприятиях отрасли, включая горные предприятия, проектные институты, военизированные горноспасательные части, высшие учебные заведения.

О широте современных направлений работ отдела свидетельствует тематика докторских диссертаций последних лет: Левин Л.Ю. «Теоретические и технологические основы ресурсосберегающих систем воздухоподготовки рудников» (2010 г.). Круглов Ю.В. «Теоретические и тех-

нологические основы построения систем оптимального управления проветриванием подземных рудников» (2012 г.), Шалимов А.В. «Теоретические основы прогнозирования, профилактики и борьбы с аварийными нарушениями проветривания рудников» (2012 г.), Зайцев А.В. «Научные основы расчета и управления тепловым режимом подземных рудников» (2019 г.), Сёмин М.А. «Научные основы комплексного обеспечения безопасности при строительстве шахтных стволов с применением способа искусственного замораживания пород» (2022 г.), Исаевич А.Г. «Научное обоснование методологии управления пылевой обстановкой в горных выработках калийных рудников» (2023 г.). Об этом говорят и многочисленные научные награды и премии, полученные их авторами.

Созданные в ходе научных исследований практикоориентированные разработки нашли широкое применение на предприятиях горнодобывающих компаний ПАО «Уралкалий», ОАО «Беларуськалий», ПАО «ГМК «Норильский никель», ООО «ЕвроХим», АК «Алроса» и ряде других.

Внедрены оригинальные ресурсосберегающие системы воздухоподготовки, автоматического управления проветриванием, частичного повторного использования воздуха, обеспечившие снижение на 80 % энергетических затрат на подогрев и подачу воздуха. Реализованы разработанные центральные и местные шахтные системы кондиционирования воздуха для обеспечения безопасных условий труда по тепловому фактору при освоении стратегических запасов богатых полиметаллических руд на 2-х километровой глубине с температурами горных пород свыше 50 °С. Развернуты интеллектуальные системы термометрического контроля замораживаемого массива при строительстве выработок, обеспечившие безопасность

строительства шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях.

Возникшая в 1953 году Пермская школа рудничной аэрологии успешно здравствует

и полноценно развивается на благо практике проветривания рудных шахт и в целом рудничной аэрологии, научные основы которой когда-то заложил А.А. Скочинский.



Рис.1. Приезд Комарова В.Б. (в центре) в г. Пермь, в обсуждении с Медведевым И.И. (слева) и Красноштейном А.Е. (справа)

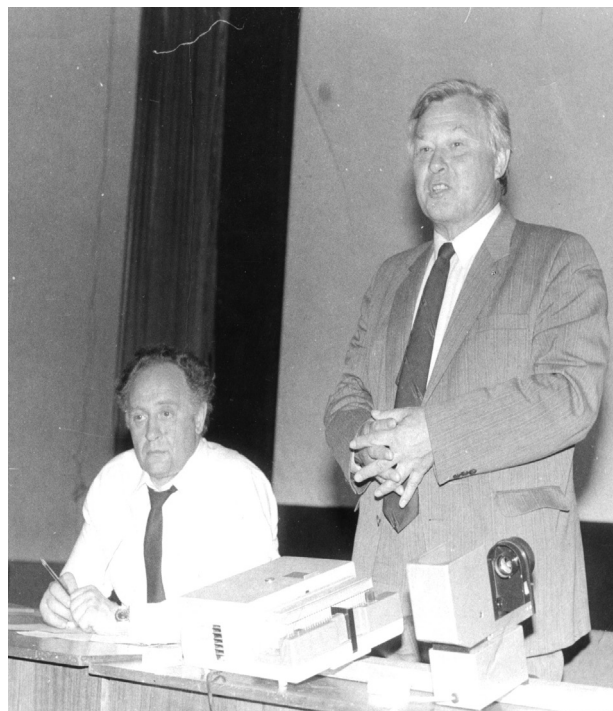


Рис. 2. Медведев И.И. (справа) и Красноштейн А.Е. (слева)



*Рис. 3. Ученики А.Е. Красноштейна и ведущие ученые Пермской школы рудничной аэрологии:
сидят слева направо: д-р техн. наук Файнбург Г.З., д-р техн. наук Казаков Б.П.,
д-р техн. наук Андрейко С.С.
стоят слева направо: канд. техн. наук Мальцев С.В., канд. техн. наук Гришин Е.Л.,
д-р техн. наук Семин М.А., чл-корр. РАН, д-р техн. наук Левин Л.Ю., д-р техн. наук Зайцев А.В.,
канд. техн. наук Паршаков О.С.*



Рис. 4. Доктор технических наук Исаевич А.Г. проводит экспериментальные измерения в шахте

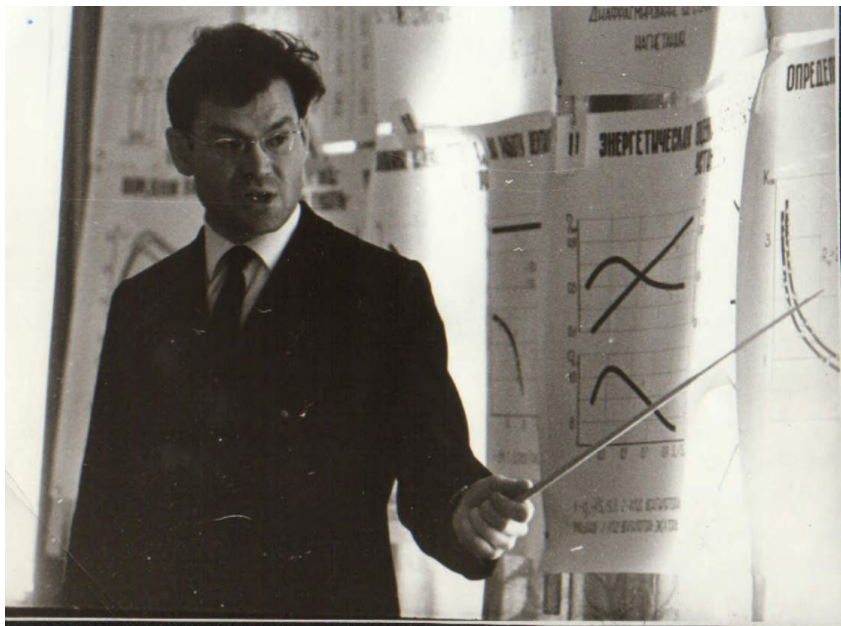


Рис. 5. Доктор технических наук, профессор Мохирев Н.Н

Сведения об авторах

Левин Лев Юрьевич, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий отделом аэрологии и теплофизики, Горный институт УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ГИ УрО РАН»), 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; e-mail: aerolog_lev@mail.ru

Зайцев Артем Вячеславович, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией развития горного производства «ГИ УрО РАН»; e-mail: artem.v.zaitsev@yandex.ru

Файнбург Григорий Захарович, доктор технических наук, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Пермский национальный исследовательский университет (ПНИПУ), 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29, главный научный сотрудник отдела аэрологии и теплофизики, «ГИ УрО РАН»; e-mail: faynburg@mail.ru

Материал поступил в редакцию 14.09.2024 г.