

# История горного дела

## Анатолий Филиппович Бушмакин (1947–1999) и бушмакинит

Дмитрий Алексеевич КЛЕЙМЕНОВ\*,  
Валерий Иванович КАЙНОВ\*\*  
\*dmitry\_kleimenov@mail.ru  
\*\*ugm1937@mail.ru

Dmitriy Alekseevich KLEIMENOV\*,  
Valery Ivanovich KAINOV\*\*  
\*dmitry\_kleimenov@mail.ru  
\*\*ugm1937@mail.ru

Уральский геологический музей  
Уральского государственного горного университета

Ural Geological Museum –  
Ural State Mining University

### Anatoly Filippovich Bushmakin (1947–1999) and Bushmakinite

Anatoly Filippovich Bushmakin (1947–1999) is a well-known Ural mineralogist, one of the founders of the Ural school of mineralogy of technogenesis, and one of the discoverers of 10 new minerals.

**Keywords:** Bushmakin, bushmakinite, mineralogy, technogenesis, the Urals.

Анатолий Филиппович Бушмакин (1947–1999) – известный уральский минералог, один из основателей уральской школы минералогии техногенеза, соавтор открытия 10 новых минералов.

**Ключевые слова:** Бушмакин, бушмакинит, минералогия, техногенез, Урал.

Основные даты жизни и деятельности А. Ф. Бушмакина (по [1]):

**1947** – родился 29 сентября в г. Свердловске (ныне – Екатеринбург) в семье рабочего.

**1955–1966** – учеба в школе № 2 г. Свердловска (ныне – Екатеринбург).

**1966–1968** – служба в рядах Советской Армии, в технической части ВВС.

**1969** – принят в научно-производственный отдел Свердловского горного института (ныне – УГГУ) на должность лаборанта, где последовательно работал старшим лаборантом, инженером, младшим научным сотрудником.

**1970–1978** – учеба на заочном факультете Свердловского горного института по специальности «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых».

**1980–1983** – учеба в очной аспирантуре в Свердловском горном институте.

**1983–1989** – работа в должности младшего научного сотрудника в научно-исследовательском секторе Свердловского горного института.

**1989** – в связи с избранием по конкурсу переведен на должность научного сотрудника лаборатории минералогии техногенеза в Институт минералогии УрО РАН (г. Миасс).

**1990** – защита в диссертационном совете Института геологии и геохимии УрО РАН кандидатской диссертации на тему «Пирит черносланцевой толщи Куларского района (Северная Якутия)».



Анатолий Филиппович Бушмакин

\*Продолжение серии статей проекта «Минералогия в лицах». См.: А. В. Шубников (1887–1970) и шубниковит (Изв. УГГУ, № 1(49), 2018. С. 140–146); В. П. Шуйский (1935–2000) и шуйскит (Изв. УГГУ, № 2(50), 2018. С. 157–161); Ю. С. Кобяшев (1935–2009) и кобяшевит (Изв. УГГУ, № 3(51), 2018. С. 165–175).

- 1991 – переведен на должность старшего научного сотрудника.  
 1994 – присвоено ученое звание «старший научный сотрудник».  
 1998 – исполняющий обязанности заведующего лабораторией техногенеза.  
 1999 – в связи с реорганизацией структуры Института минералогии УрО РАН переведен на должность старшего научного сотрудника лаборатории минералогии, техногенеза и геоэкологии.  
 1999 – 27 декабря – трагическая гибель Анатолия Филипповича Бушмакина.

В научной деятельности Анатолия Филипповича Бушмакина можно выделить два периода.

Работа в научно-исследовательском секторе на кафедре минералогии, петрографии и геохимии Свердловского горного института (ныне – УГГУ), в ходе которой А. Ф. Бушмакин был исполнителем хоздоговорных тем. Здесь закладываются основы его дальнейшего плодотворного научного сотрудничества с Борисом Валентиновичем Чесноковым (1928–2005).

В этот период выходят первые статьи Анатолия Филипповича, посвященные вопросам минералогии Березовского золоторудного месторождения, детальному изучению минералов висмута и никеля, причин возникновения октаэдрической отдельности у галенита. Меняется тематика научно-исследовательских работ кафедры, и сотрудники выезжают на золоторудные месторождения в Северной Якутии. Задачи работ: выявить закономерности в распределении золотого оруденения, изучить минералы-спутники драгоценного металла, понять особенности происхождения и преобразования вмещающих оруденения черносланцевых пород. Изменяется и тематика научных публикаций ученого. Со свойственной ему скрупулезностью, вдумчивостью он анализирует состав пирита, с которым связано оруденение, проводит исследование изотопного состава серы, изморфной примеси мышьяка, изучает его термоэлектрические свойства.

Работая над изучением различного минерального вещества, Анатолий Филиппович усовершенствовал имеющиеся и разработал новые приемы работы: магнитный указатель для выявления даже очень слабомагнитных минералов, иглу для отбора монофракций (стальная игла разогревалась и впаивалась тупым концом в пластмассовую палочку), технологию подготовки рентгенограмм, метод выявления электропроводящих минералов с помощью декорирования металла и др. [1].

После перехода Анатолия Филипповича Бушмакина в Институт минералогии УрО РАН в г. Миассе начинается второй этап его научной деятельности. Совместно с Б. В. Чесноковым они начинают изучение минерализации металлических предметов в экстремальных условиях техногенной среды – в горящих угольных отвалах Коркинского месторождения. Так был заложен фундамент уральской школы минералогии техногенеза. В результате многолетних исследований был открыт целый комплекс уникальных минералов, многие из которых еще не были известны науке. Но Международная минералогическая ассоциация, первоначально утвердив первые из них в качестве новых минеральных видов, впоследствии отказалась регистрировать следующие, мотивировав свое решение тем, что эти соединения имеют техногенную природу образования. Но жизнь все расставляет по своим местам, и уже в XXI в. российские



Бушмакинит (желтые уплощенные кристаллы), моттрамит (черный), пироморфит (зеленый), церуссит на кварце и галените. Березовское золоторудное месторождение. Шахта Северная. Типовой образец бушмакинита. Размер поля зрения 15 × 25 мм.

## Воспоминания об А. Ф. Бушмакине его коллег и учеников

В глазах 19-летней выпускницы горно-металлургического техникума, пришедшей по распределению на кафедру минералогии и петрографии, Анатолий Филиппович Бушмакин был идеалом. Он приходил на работу к 8 утра, хотя рабочий день начинался в 8-30.

Поразила исключительная пунктуальность, порядок в записях, бумагах, разложенных образцах, аккуратно рассортированных пакетах с пробами. Ни разу за 10 лет совместной работы и общения Анатолий Филиппович не вышел из себя, не нагрубил, это был всегда очень спокойный и уравновешенный человек.

Однажды я притащила брошенного, грязного, рыжего котенка. Упросила оставить на субботу и воскресенье в рентгеновской лаборатории.

Прихожу в понедельник – кот нет. Оказывается, котик играл пакетиками с пробами. «Геологический котик», – сказал Анатолий Филиппович и взял его к себе домой.

В один из полевых сезонов по научно-исследовательской теме (по кварцу) работали вместе с Анатолием Филипповичем под г. Магнитогорском, поселок «Южный». Жили в общежитии, а «науку творили» на кернохранилище. От столбика керна через интервал нужно было отбить кусочек на полировку (аншлиф), другой кусочек – на анализ. Мои обязанности были нехитрые, помочь носилки с ящиком прилодь, да подписать этикетку и упаковать пробу в пакет из крафт-бумаги. Зато Анатолий Филиппович добросовестно успевал не только результаты в пикетажку занести, но и абрис сделать, и пару фраз написать. К концу сезона отчет был готов. А после работы мы каждый день по традици-

онному маршруту заходили в местный магазин – сельпо. Поселок «Южный» имел особое, специальное снабжение (пьезокварц, добываемый на месторождении, относился к стратегическому сырью), и полочки сельского магазина были уставлены парфюмерией высшего класса из Франции и Италии. И наша с ним задача состояла в том, чтобы каждый день понюхать два, каждый раз новых, типа духов, услышать их аромат, прочувствовать все аккорды запаха. В конце командировки Анатолий Филиппович, основываясь на результатах нашей «экспертизы», выбрал духи своей супруге. Вот такой обстоятельный человек он был даже в житейских вопросах. Светлая ему память.

*Виктория Геннадьевна Неволлина,  
главный хранитель Уральского  
геологического музея УГГУ*

ученые открывают полностью идентичные минеральные фазы в продуктах возгона вулканов на Камчатке, сохраняя для них названия, присвоенные уральскими первооткрывателями – Борисом Валентиновичем Чесноковым и Анатолием Филипповичем Бушмакиным.

Ученый продолжал активное минералогическое изучение и классических уральских месторождений: Березовского золоторудного, Меднорудянского, Сарановского, Воронцовского. В материале из Воронцовского месторождения был описан новый минерал – клерит, названный в честь учредителя Уральского общества любителей естествознания О. Е. Клера, в изучении которого принимал активное участие Анатолий Филиппович.

В материале из отвалов Дегтярского рудника А. Ф. Бушмакин установил новый минерал – гидрогалит калия и меди, в названии которого (авдонинит) решил увековечить имя известного уральского минералога Владимира Николаевича Авдонина (1925–2017). Утверждение авдонинита ММА как нового минерального вида стало возможным после открытия аналогичной минеральной фазы в продуктах фумарольной деятельности вулкана Толбачик.

В последние годы жизни научные интересы Анатолия Филипповича постепенно смещались в область археологической минералогии.

А. Ф. Бушмакин горячо поддержал учреждение Уральского геологического журнала, вошел в его редакционную коллегию.

Трагическая случайность оборвала жизнь ученого 27 декабря 1999 года... Многие планы оказались нереализованными, но его дело продолжили ученики и коллеги. А. Ф. Бушмакин потратил много сил и времени на подготовку и редакцию книги «Оксиды и гидроксиды», вышедшей в свет уже поле его смерти в 2000 году (первая часть) и 2007 году (вторая часть). В 2002 году в Вестнике Уральского отделения Минералогического общества был издан «Список минералов Меднорудянского месторождения», над которым долгие годы работал Анатолий Филиппович. Всего Анатолием Филипповичем Бушмакиным было опубликовано 115 работ.

### Труды А. Ф. Бушмакина о новых минералах

1. Чесноков Б. В., Баженова Л. Ф., Каменцев И. Е., Поляков В. О., Бушмакин А. Ф. Свяжинит  $(Mg, Mn, Ca)(Al, Fe)(SO_4)_2F \cdot 14H_2O$  – новый минерал // Записки ВМО. 1984. Ч. 113. Вып. 3. С. 347–351.
2. Попова В. И., Попов В. А., Рудашевский Н. С., Главатских С. Ф., Поляков В. О., Бушмакин А. Ф. Набокоит  $Cu_7TeO(SO_4)_5 \cdot KCl$  и атласовит  $Cu_6Fe_3 + V_3 + O_4(SO_4)_5 \cdot KCl$  – новые минералы вулканических эксгалаций // Записки ВМО. 1987. Ч. 116. Вып. 3. С. 358–367.
3. Чесноков Б. В., Поляков В. О., Бушмакин А. Ф. Баженовит  $Ca_8S_5(S_2O_3)(OH)_{12} \cdot 20H_2O$  – новый минерал // Записки ВМО. 1987. Ч. 116. Вып. 6. С. 737–743.
4. Чесноков Б. В., Баженова Л. Ф., Бушмакин А. Ф. Флюорэллестадит  $Ca_{10}[(SO_4)_4(SiO_4)]6F_2$  – новый минерал // Записки ВМО. 1987. Ч. 116. Вып. 6. С. 743–746.



Анатолий Филиппович, Толя... Знал вроде давно, а вот дружба завязалась, когда работали через стенку в подвальчике пристроя 3-го учебного здания. Дня, наверное, не проходило, чтобы не поговорили, не обсудили общие темы, геологические вопросы. Кроме того что он очень часто помогал в рентгеновских определениях, Толя очень основательно помог мне в исследованиях пиритов из околорудных метасоматитов Саурейского и Брусничного месторождений на Полярном Урале. При исследовании якутских месторождений золота в углеродистых сланцах им была выявлена зависимость значений термо-ЭДС от соотношения элементов-примесей в пиритах – кобальта, никеля и мышьяка. В тесном контакте мы тогда работали с доцентом кафедры физики А. А. Кривошеиным, которым был разработан и изготовлен оригинальный

прибор для измерения термо-ЭДС и разработана методика для сульфидных минералов. Уже тогда у Толи проявлялся необычайный интерес к минеральным образованиям, которые потом принято было называть техногенными. Вот один из самых обычных для него случаев: в подвальном помещении производился ремонт канализационных труб – меняли стояк, расположенный рядом с рентгеновской лабораторией, а на третьем этаже находилась фотолаборатория института, и понятно, что все отходы производства сливались в канализацию. Когда сантехники стали убирать старые трубы, Анатолий Филиппович попросил их, чтобы вырезали часть труб для исследований минералов, которые образовались на их стенках. Тогда Анатолием Филипповичем были обнаружены необычные химические соединения серебра. Очень интересные исследования по тех-

ногенному минералообразованию Анатолий Филиппович проводил уже в Институте минералогии в г. Миассе. Впечатляет его работа по изучению минералов на револьвере, пролежавшем со времен Гражданской войны в почвенном слое. Потом уже Анатолий Филиппович успешно продолжил минералогическую работу над археологическими предметами с известного всем Аркаима. Последний у нас с Толей интерес был к образцам, отобранным мной с отвалов СУМЗа, это псевдоморфозы меди по шамотовому кирпичу и псевдоморфозы гематита по такому же кирпичу из медеплавильной печи. К моему великому сожалению, этой работе не дано было завершиться – Толи не стало.

*Валерий Васильевич Григорьев,  
заведующий отделом полезных  
ископаемых Уральского  
геологического музея УГГУ*



*Уплощенные кристаллы бушмакинита (желтый), ванадиевый вокеленит (темно-коричневый), моттрамит (черный), церуссит (белый, серый), кварц. Березовское золоторудное месторождение, шахта Северная. Размер поля зрения 5 × 8 мм.*

5. Чесноков Б. В., Лотова Э. В., Павлюченко В. С., Усова Л. В., Бушмакин А. Ф., Нишанбаев Т. П. Святославит  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (ромбический) – новый минерал // Записки ВМО. 1989. Ч. 118. Вып. 2. С. 111–114.
6. Чесноков Б. В., Ковалев Е. Г., Горелов П. Н., Котляров В. А., Бушмакин А. Ф., Жданов В. Ф. Тиннункулит  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{N}_8\text{O}_8$  – новый минерал // Минералы и минеральное сырье горно-промышленных районов Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. С. 20–24.
7. Чесноков Б. В., Лотова Э. В., Нигматулина Е. Н., Павлюченко В. С., Бушмакин А. Ф. Дмиштейнбергит  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (гексагональный) – новый минерал // Записки ВМО. 1990. Ч. 119. Вып. 5. С. 43–46.
8. Мурзин В. В., Бушмакин А. Ф., Сустанов С. Г., Щербачев Д. К. Клерит  $\text{MnSb}_2\text{S}_4$  – новый минерал из Воронцовского золоторудного месторождения (Урал) // Записки ВМО. 1996. Ч. 125. Вып. 3. С. 95–101.
9. Бушмакин А. Ф., Вилицов В. А., Котляров В. А. Оксиферберит  $\text{Fe}_2\text{WO}_6$  – новый техногенный минерал из горелого террикона, Челябинский угольный бассейн // Уральский минералогический сборник. 1998. № 8. С. 23–31.
10. Бушмакин А. Ф., Баженова Л. Ф. Авдонинит  $\text{K}_2\text{Cu}_5\text{Cl}_8(\text{OH})_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – новый минерал из зоны техногенеза уральских колчеданных месторождений // Уральский минералогический сборник. 1998. № 8. С. 32–39.

В честь Анатолия Филипповича Бушмакина назван новый минерал – гидроксил фосфато-ванадата свинца и алюминия, открытый в образцах из зоны окисления Березовского золоторудного месторождения в 1999 году, изученный в 2000–2001 годах, утвержденный Международной минералогической ассоциацией в 2001 году (IMA 2001-031) [2].

Бушмакинит встречается в образце в виде щеточек тонкопластинчатых кристаллов, близких по форме к прямоугольным, размером до  $1 \times 0,5 \times 0,05$  мм, имеющим несовершенную огранку: края кристаллов расщеплены, сглажены, закружены. Своей ярко-желтой окраской бушмакинит обязан одному из основных элементов в своем составе – ванадию.

Минерал хрупок, в иммерсионных препаратах видна спайность по трем направлениям. Бушмакинит оптически двуосный, отрицательный. Показатели преломления  $N_p = 1,99$ ,  $N_m = 2,03$ ,  $N_g = 2,06$ .

Химический состав бушмакинита (масс. %): PbO 65,95; CuO 2,46; ZnO 0,08;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  5,75;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,05;  $\text{P}_2\text{O}_5$  11,67;  $\text{V}_2\text{O}_5$  9,84; CrO 1,99;  $\text{SO}_3$  0,10;  $\text{H}_2\text{O}$  выч. 1,35.  $\text{Pb}_{2,02}(\text{Al}_{0,77}\text{Cu}_{0,21}\text{Zn}_{0,01})[\text{PO}_4][(\text{V}_{0,74}\text{Cr}_{0,14}\text{P}_{0,12}\text{S}_{0,01})\text{O}_4](\text{OH})$ . Теоретическая формула  $\text{Pb}_2(\text{Al,Cu})(\text{PO}_4)(\text{V,Cr,P})\text{O}_4(\text{OH})$ .

Бушмакинит – первое природное соединение, в структуре которого достоверно установлено упорядоченное распределение  $\text{P}^{5+}$  и  $\text{V}^{5+}$ . Минералы, содержащие фосфат- и ванадат-ионы в сопоставимых количествах, описаны, но структуры их не изучались. В структурном плане минерал относится к группе бракебушита, в структуре представителей которой присутствуют две независимые тетраэдрические позиции, которые в случае с бушмакинитом заполнены фосфором в одной позиции и ванадием в другой. Другим интересным с кристаллохимической точки зрения явлением, обнаруженным в бушмакините, является изоморфная примесь  $\text{Cu}^{2+}$  в Al-октаэдре. В мире минералов до открытия бушмакинита подобное изоморфное замещение наблюдалось только в осаризавайте. В группе же бракебушита известны как медные, так и алюминиевые минералы, но в них изоморфизма между двумя этими элементами не наблюдалось. Одновременно с вхождением  $\text{Cu}^{2+}$  в позицию  $\text{Al}^{3+}$  в бушмакините происходит изоморфное замещение  $\text{V}^{5+}$  на  $\text{Gr}^{6+}$ .



Сросток уплощенных кристаллов бушмакинита (желтый), ванадиевого воекеленита (темно-коричневый). Моттрамит (мелкие черные кристаллы) нарастает на бушмакинит. Березовское золоторудное месторождение. Размер сростка  $2 \times 3$  мм.





Бушмакинит (желтые пластинчатые кристаллы), вульфенит (оранжево-желтые крупные кристаллы), пироморфит (зеленый). Пенни Вест Голд Майн (Penny West Gold Mine). Западная Австралия. Образец и фотография Музея Западной Австралии.

Эталонные образцы бушмакинита хранятся в Уральском геологическом музее Уральского государственного горного университета в г. Екатеринбурге и Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН в г. Москве.

Помимо Березовского золоторудного месторождения бушмакинит встречен во Франции, в 2017 году был установлен в ассоциации с вульфенитом и пироморфитом в образце из зоны окисления месторождения Пенни Вест Голд Майн (Penny West Gold Mine) в Западной Австралии. В 2014 году в качестве нового минерального вида ММА был утвержден феррибушмакинит  $Pb_2Fe^{3+}(PO_4)(VO_4)(OH)$ , открытый на месторождении Сильвер Коин Майн (Silver Coin Mine), в Неваде (США).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анатолий Филиппович Бушмакин (1947–1999). Некролог. Список научных трудов // Уральский геологический журнал. 2000. № 2(14). С. 195–207.
2. Пеков И. В., Клейменов Д. А., Чуканов Н. В., Якубович О. В., Масса В., Белаковский Д. И., Паутов Л. А. Бушмакинит  $Pb_2Al(PO_4)(VO_4)(OH)$  – новый минерал группы бракебушита из зоны окисления Березовского золоторудного месторождения, Средний Урал // Записки ВМО. 2002. Ч. 131. Вып. 2. С. 62–71.
3. Авдонин В. Н., Поленов Ю. А. Очерки об уральских минералах. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. 419 с.
4. Уральская школа разведчиков недр: очерки истории / науч. ред. В. А. Душин. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. 158 с.
5. Клейменов Д. А. и др. Березовское золоторудное месторождение (история и минералогия). Екатеринбург: Уральский рабочий, 2005. 200 с.
6. Кривовичев В. Г. Минералогический словарь. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2008. 556 с.

#### REFERENCES

1. Anatoly F. Bushmakina (1947–1999). In memoriam. 2000, List of academic papers. *Ural'skiy geologicheskii zhurnal* [Uralian Geological Journal], no. 2 (14), pp. 195–207. (In Russ.)
2. Pekov I. V., Kleimenov D. A., Chukanov N. V., Yakubovich O. V., Massa V., Belakovskiy D. I., Pautov L. A. 2002, Bushmakinite  $Pb_2Al(PO_4)(VO_4)(OH)$  – a new mineral of the brackebuschite group from the oxidation zone of the Berезovskiy gold deposit, Middle Ural. *Zapiski Rossiiskogo Mineralogicheskogo Obshchestva* [Proceedings of the Russian Mineralogical Society], part 131, Issue 2, pp. 62–71.
3. Avdonin V. N., Polenov Yu. A. 2004, *Ocherki ob ural'skikh mineralakh* [Feature stories about the Ural minerals], Ekaterinburg, 419 p.
4. Dushin V. A. (ed.) 2009, *Ural'skaya shkola razvedchikov nedr: ocherki istorii* [Ural School of explorationists of minerals: outlines]. Ekaterinburg, 158 p.
5. Kleimenov D. A., Albrecht V. G., Erokhin Yu. V., Batalin A. S., Batalina A. A. 2005, *Berezovskoye zolotorudnoye mestorozhdeniye (istoriya i mineralogiya)* [Berezovskoye gold ore field (history and mineralogy)], Ekaterinburg, 200 p.
6. Krivovichev V. G. 2008, *Mineralogicheskii slovar'* [Mineralogical dictionary]. Saint Petersburg, 556 p.

Статья поступила в редакцию 15 августа 2018 г.