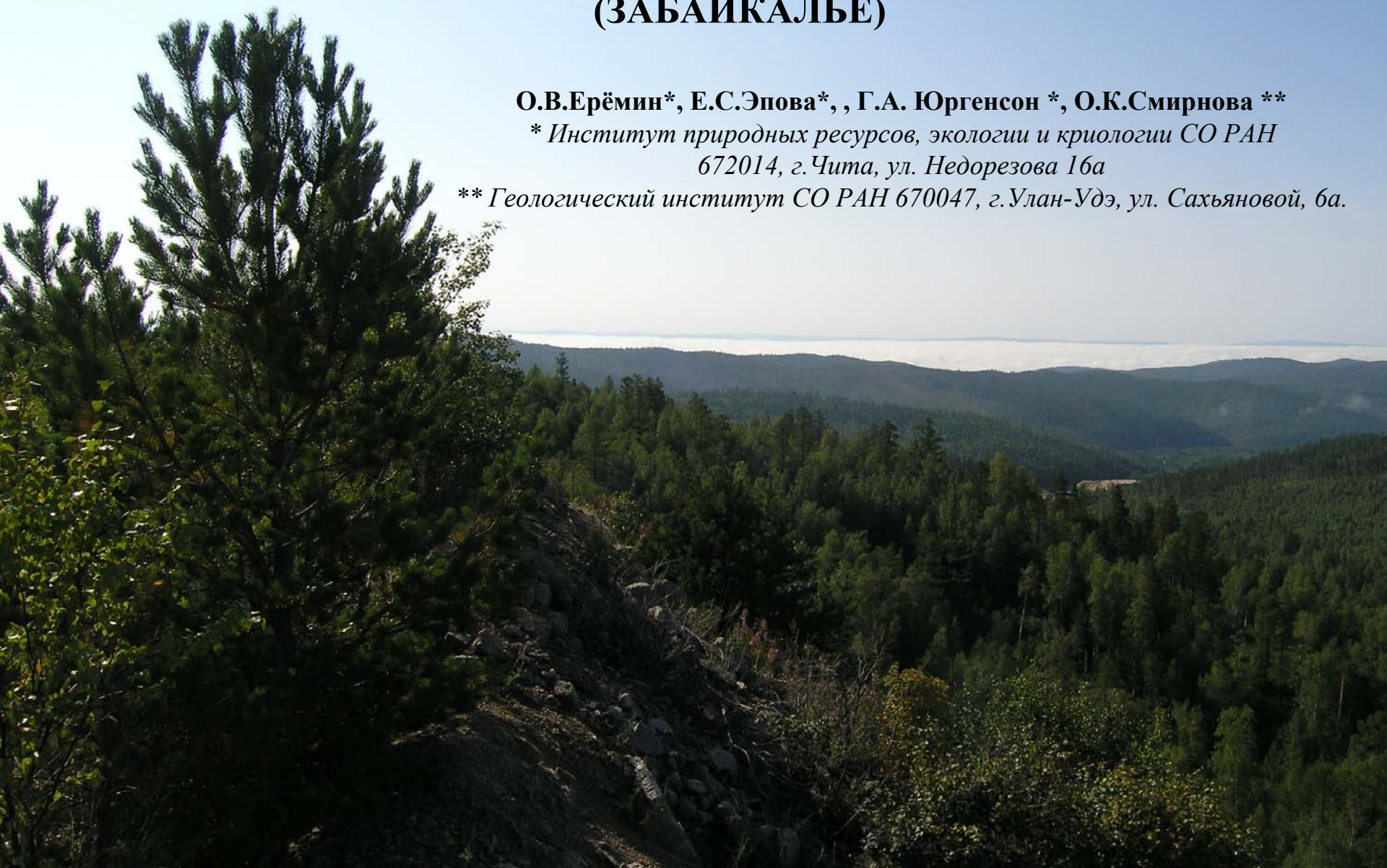


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КИСЛЫХ РАСТВОРОВ С РУДАМИ ВОЛЬФРАМОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОМ-ГОРХОН (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

О.В.Ерёмин*, Е.С.Эпова*, , Г.А. Юргенсон *, О.К.Смирнова **

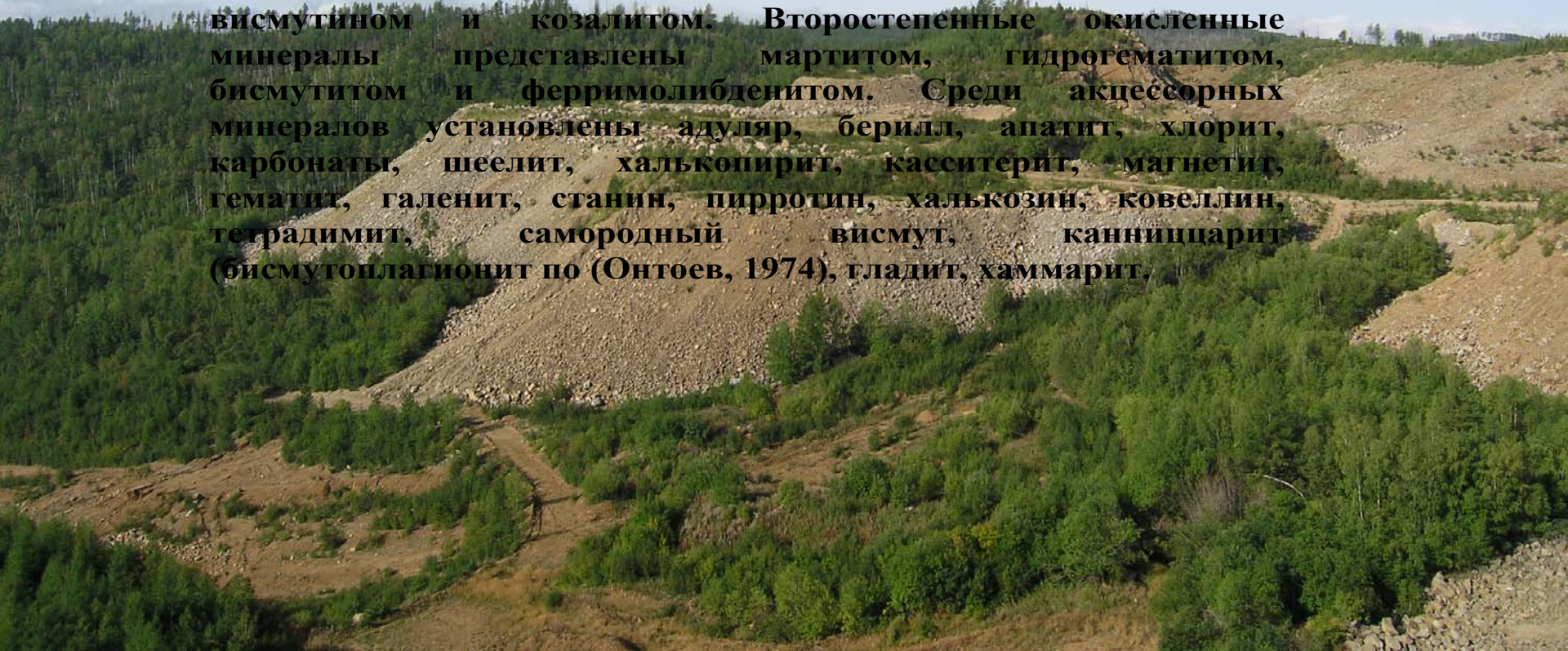
** Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
672014, г.Чита, ул. Недорезова 16а*

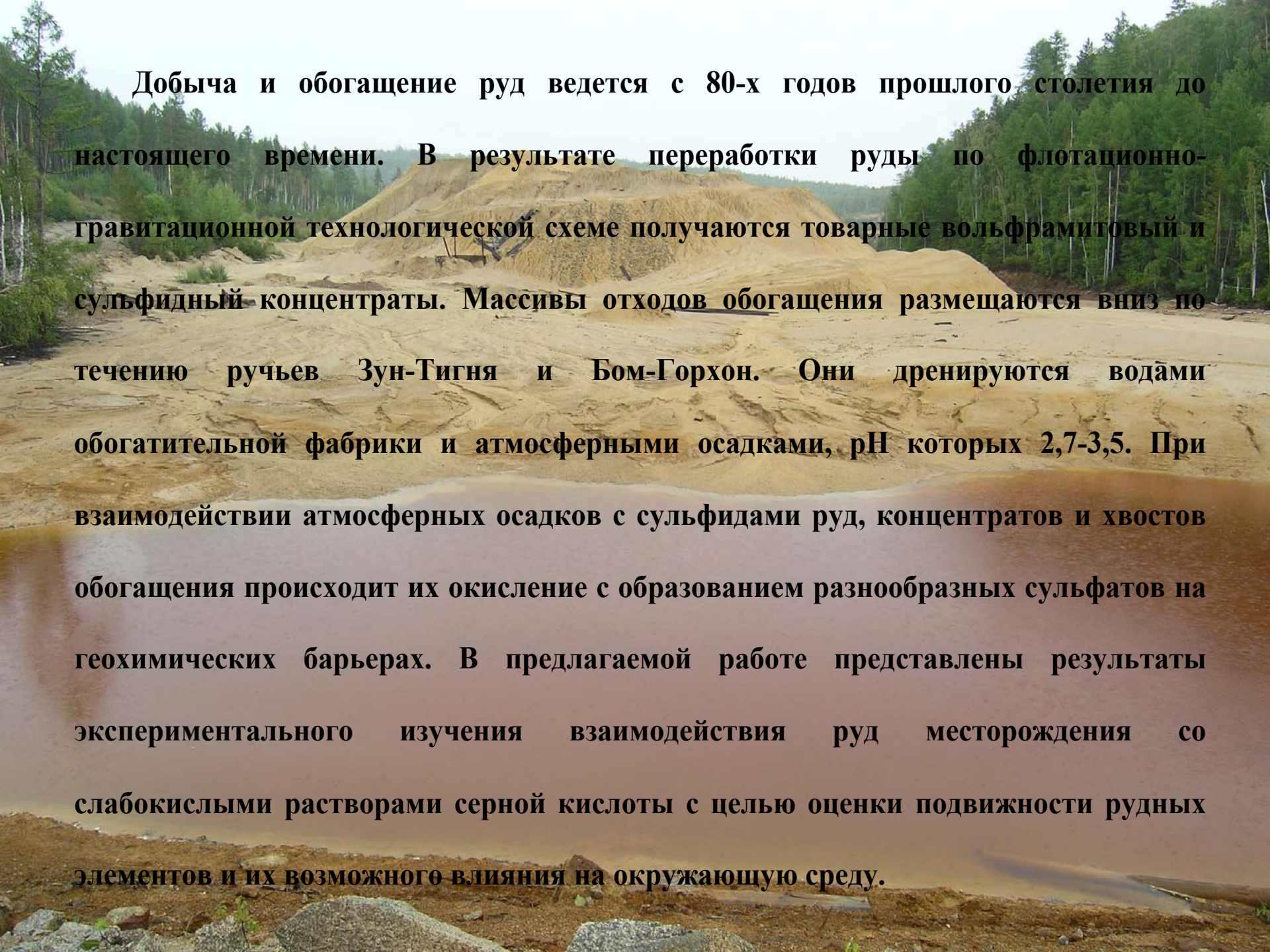
*** Геологический институт СО РАН 670047, г.Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба.*





Бом-Горхонское месторождение вольфрама гюбнерит-сульфидно-кварцевого минерального типа грейзеновой формации расположено в юго-западной части Забайкальского края, в 10 км к северо-востоку от села Новопавловка. Вольфрамоносные кварцевые жилы локализованы в гранитах гуджирского магматического комплекса позднеюрского возраста. Жилы имеют северо-восточное простирание, юго-восточное падение под углами 15-25°. Мощность жил достигает первых метров в раздувах. Главными минералами жил являются кварц, микроклин, мусковит, пирит, гюбнерит. Среди главных минералов зоны окисления установлены гидроксиды железа, тунгстит и ярозит. Второстепенные минералы представлены флюоритом, тонкочешуйчатым мусковитом, биотитом, альбитом, эпидотом, молибденитом, сфалеритом, висмутином и козалитом. Второстепенные окисленные минералы представлены мартитом, гидрогематитом, бисмутитом и ферримолибденитом. Среди аксессуарных минералов установлены адуляр, берилл, апатит, хлорит, карбонаты, шеелит, халькопирит, касситерит, магнетит, гематит, галенит, станин, пирротин, халькозин, ковеллин, тетрадимит, самородный висмут, канницарит (бисмутоплагионит по (Онтоев, 1974), гладит, хаммарит.





Добыча и обогащение руд ведется с 80-х годов прошлого столетия до настоящего времени. В результате переработки руды по флотационно-гравитационной технологической схеме получают товарные вольфрамитовый и сульфидный концентраты. Массивы отходов обогащения размещаются вниз по течению ручьев Зун-Тигня и Бом-Горхон. Они дренируются водами обогатительной фабрики и атмосферными осадками, рН которых 2,7-3,5. При взаимодействии атмосферных осадков с сульфидами руд, концентратов и хвостов обогащения происходит их окисление с образованием разнообразных сульфатов на геохимических барьерах. В предлагаемой работе представлены результаты экспериментального изучения взаимодействия руд месторождения со слабокислыми растворами серной кислоты с целью оценки подвижности рудных элементов и их возможного влияния на окружающую среду.

Типичные минералы руд месторождения, использованные в экспериментах.

Силикаты	Руды	Сульфиды	Акцессорные минералы
Кварц Полевые шпаты Эпидот Биотит Мусковит	Гюбнерит	Пирит Сфалерит Висмутин	Айкинит Триплит Шеелит Тунгстит



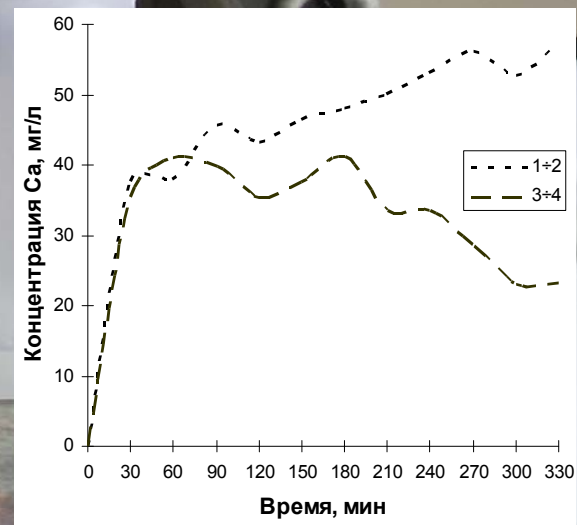
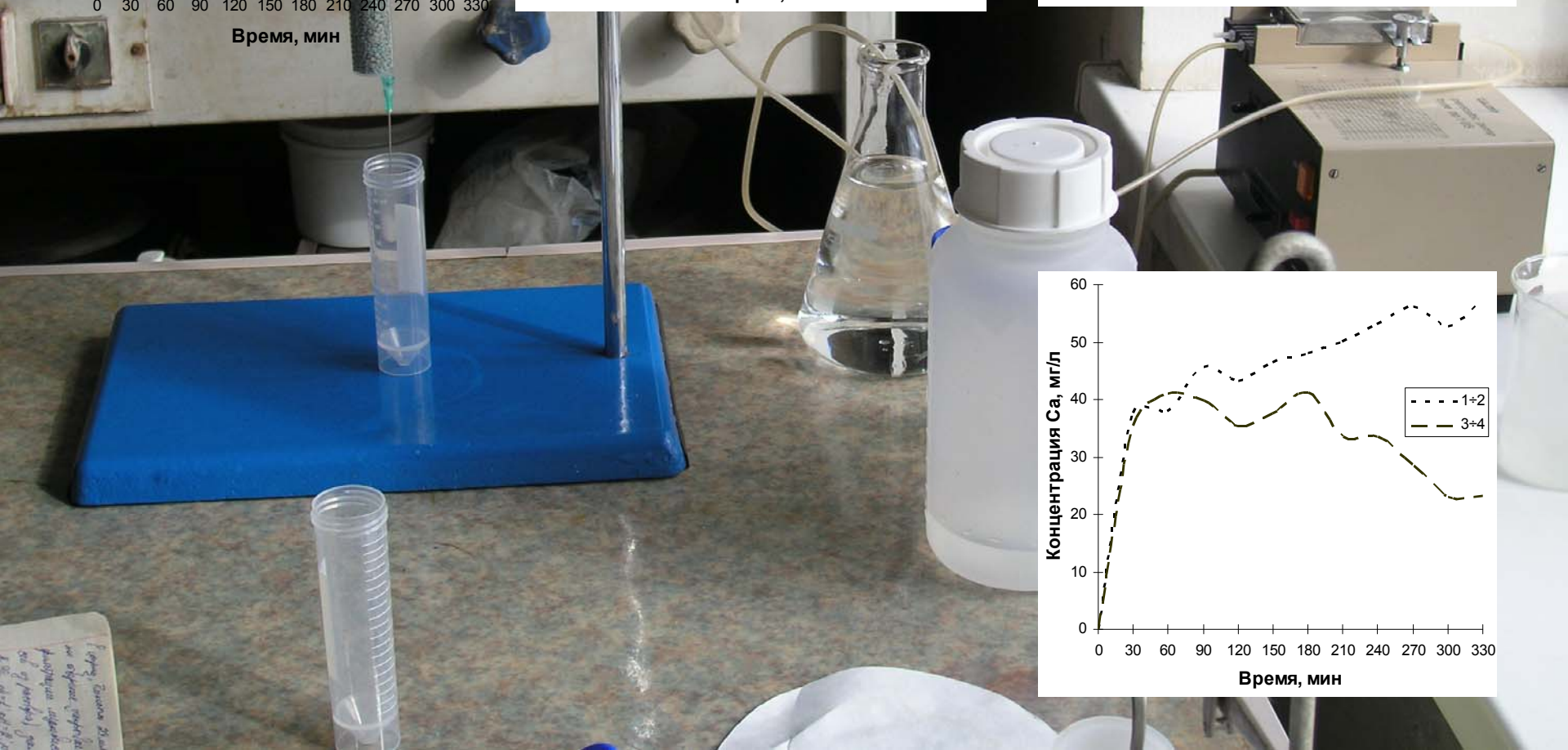
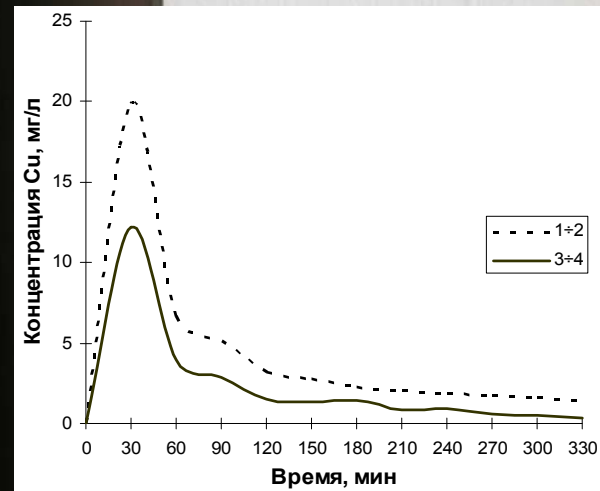
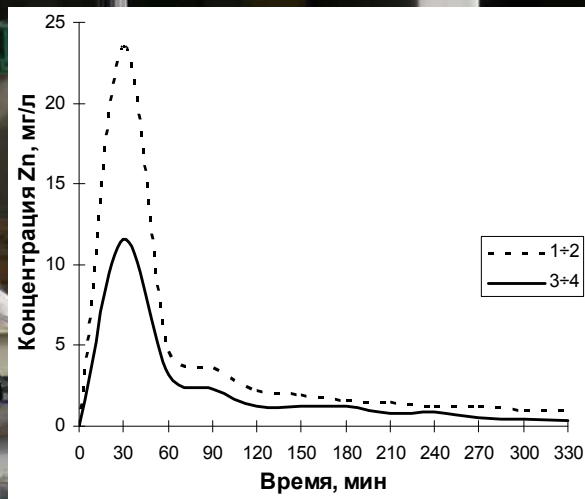
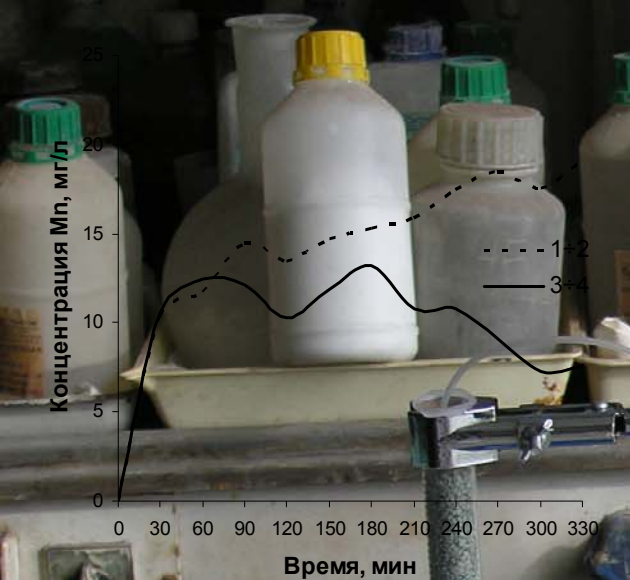


Таблица 2. Химический состав макрокомпонентов воды нижнего отстойника (мг/л)

Компонент	K+Na	Ca	Mg	Al	Fe	Mn	Zn	SO ₄ ²⁻	Cl	CO ₂
Концентрации (аналитические)	2266.2	340.7	255.2	331.5	356.2	61.33	179.1	4623.1	74.8	356.7
Расчет (окислительные условия)	1757.6	1.9	0.5	-	-	-	-	2900	73.0	5.5
Расчёт (восстановительные условия)	1950.6	116.1	112.5	-	-	-	-	564.1	19.9	5.0

Таблица 3. Химический состав микрокомпонентов воды нижнего отстойника (мкг/л)

Компонент	Sr	Cu	Cd	F
Концентрации (аналитические)	2299	1442	2770	3400
Расчет (окислительные условия)	-	-	-	3373
Расчёт (восстановительные условия)	196	-	-	3050

Таблица. Равновесные фазы окислительные условия

(Алюмо)Силикаты (1.1)	Карбонаты (1.5)	Сульфаты (1.4)	Гидро(Оксиды) (0.2)
Биотит $(K(Fe,Mg)_3(Al,Si)_4O_{10}(OH,F)_2)$ Монтмориллонит $(Mg_{0.45}Fe_{0.34}Al_{1.61}Si_{3.82}O_{10}(OH)_2)$	Доломит Отавит	Zn, Mg, Ca, Al	Гидрогётит $(FeOOH \cdot nH_2O)$ вернадит $(MnO_2 \cdot nH_2O)$

Среди сульфатов преобладают гидратированные соли цинка, в основном бианкит ($ZnSO_4 \cdot 6H_2O$) и в небольших количествах ганнингит ($ZnSO_4 \cdot H_2O$), бойлеит ($ZnSO_4 \cdot 4H_2O$) и госларит ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$). Сульфаты магния представлены эпсомитом ($MgSO_4 \cdot 4H_2O$), гексагидритом ($MgSO_4 \cdot 6H_2O$) и кизеритом ($MgSO_4 \cdot H_2O$). Кальций осаждается в виде гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) и ангидрита ($CaSO_4$), стронций присутствует в фазе целестина ($SrSO_4$). В незначительных количествах проявляются леонит ($K_2Mg(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$), антлерит ($Cu_3SO_4(OH)_4$), боннатит ($CuSO_4 \cdot 3H_2O$). Часть алюминия из раствора переходит в состав ростита ($AlSO_4OH \cdot 5H_2O$).

Равновесный раствор имеет кислую среду $pH = 2.3$, электродный потенциал составляет $Eh = 1034$ мв.

Таблица. Равновесные фазы восстановительные условия

(Алюмо)Силикаты (1.1)	Карбонаты (1.7)	Сульфаты (3.3)	Сульфиды (0.4)	Гидро(Оксиды) (0.7)
Биотит Монтмориллонит	Доломит Сидерит Кутногорит Стронцианит	Zn, Mg, Ca, Al	марказит (FeS₂) борнит (Cu₅FeS₄) гринокит (CdS)	гидрогётит

Кислотность равновесного раствора составляет pH = 6.9, электродный потенциал Eh= -

154 мв.



В результате изучения продуктов окисления руд и сульфидных концентратов Бом-Горхонского месторождения методами рентгеноструктурного анализа (рис.11-13) и проведения микрозондовых исследований (рис. 14, 15) установлено довольно большое число различных сульфатов. Среди них присутствуют ганнингит, уилкоксит ($\text{MgAl}(\text{SO}_4)_2\text{F}\cdot 18\text{H}_2\text{O}$), ростит, старкеит, бойлеит ($(\text{Zn}, \text{Mg})\text{SO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$), роценит ($\text{FeSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$), сидеротил ($(\text{Fe}, \text{Cu})\text{SO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$), халькантит ($\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$), галотрихит ($\text{FeAl}_2(\text{SO}_4)_4\cdot 22\text{H}_2\text{O}$), квасцы ($(\text{K}, \text{Na})\text{Al}(\text{SO}_4)_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$) и др. Кроме того, установлена фаза $(\text{Fe}, \text{Ni})\text{SO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, неизвестная среди природных образований.

Выводы

1. В результате проведённых экспериментов по кислотному выщелачиванию руд Бом-Горхонского месторождения вольфрама установлено, что максимальной растворимостью характеризуются цинк, двухвалентная медь, марганец и кальций. В меньшей мере это проявлено для двухвалентных железа и свинца. Еще меньшей подвижностью обладают кадмий, вольфрам и стронций.

2. Исходя из модельных расчётов, можно полагать, что все рудные элементы и их примеси активно выносятся при контакте со слабокислыми серными растворами, что в природных условиях способствует их миграции из областей хранения продуктов горного производства в окружающие ландшафты.

3. Минералогические исследования, выявившие довольно широкий спектр продуктов современного минералообразования, показали, что оно происходит на геохимических барьерах из водотоков, дренирующих складки сульфидных концентратов и массивы отходов обогащения руд, и способствует их очищению от токсичных элементов. Тем не менее, интенсивная миграция токсичных элементов приводит к концентрированию их в водоотстойниках с последующим осаждением в виде сульфатов в окислительных обстановках, а также сульфидов в восстановительных условиях среды.

4. Приведенные данные о минеральном составе продуктов современного минералообразования, в основном, свидетельствуют о сходстве минеральных фаз, полученных в результате физико-химического моделирования, и минеральных ассоциаций природных сульфатов, формирующихся в процессах окисления, миграции и последующего минералообразования на геохимических барьерах.

Благодарим за внимание

