

**Заключение диссертационного совета МГУ.016.5
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук**

Решение диссертационного совета от 10 февраля 2023 года № 49

О присуждении Савенко Алле Витальевне, гражданке РФ, ученой степени доктора геолого-минералогических наук.

Диссертация «Экспериментальное моделирование природных сорбционно-осадительных геохимических барьеров» по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» принята к защите диссертационным советом 28 октября 2022 года, протокол № 46.

Соискатель Савенко Алла Витальевна, 1978 года рождения, защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата географических наук «Закономерности миграции стронция, фтора и бора в зоне смешения речных и морских вод» в 2003 году в диссертационном совете при МГУ имени М.В. Ломоносова (Географический факультет).

Соискатель работает в должности старшего научного сотрудника лаборатории экспериментальной геохимии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена в лаборатории экспериментальной геохимии Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Гордеев Вячеслав Владимирович, доктор геолого-минералогических наук, ФГБУН «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», главный научный сотрудник лаборатории физико-геологических исследований;

Рыженко Борис Николаевич, доктор химических наук, ФГБУН «Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН», главный научный сотрудник лаборатории моделирования гидрогеохимических и гидротермальных процессов;

Леонова Галина Александровна, доктор геолого-минералогических наук,

ФГБУН «Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН»,
ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии радиоактивных элементов
и экогеохимии

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 290 опубликованных работ, в том числе 40 работ по теме диссертации, из них 29 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук:

1. **Савенко А.В.** Соосаждение фосфора с гидроксидом железа, образующимся при смешении подводных гидротермальных растворов с морской водой (по экспериментальным данным) // Геохимия. 1995. № 9. С. 1383–1389. Переводная версия: **Savenko A.V.** Coprecipitation of phosphorus with iron hydroxide formed by mixing of underwater hydrothermal solutions with sea water // *Geochemistry International*. 1996. V. 33. № 9. P. 47–53. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

2. **Савенко А.В.** Соосаждение урана с гидроокисью железа (III), образующейся в морской воде при окислении железа (II) // Геохимия. 1995. № 10. С. 1472–1479. Переводная версия: **Savenko A.V.** Coprecipitation of uranium with iron (III) hydroxide formed in sea water by the oxidation of iron (II) // *Geochemistry International*. 1996. V. 33. № 10. P. 1–9. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

3. **Савенко А.В.** Поведение алюминия в процессе смешения подводных гидротермальных растворов с морской водой: данные экспериментального моделирования // Океанология. 1996. Т. 36. № 5. С. 735–740. Переводная версия: **Savenko A.V.** Aluminum behavior in mixing submarine hydrothermal and seawater solutions: Results of experimental modeling // *Oceanology*. 1996. V. 36. № 5. P. 692–697. *Scopus IF (CiteScore) = 1.2*.

4. **Савенко А.В.** Соосаждение фтора с гидроксидом железа в морской воде // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1998. № 2. С. 70–71. Переводная версия: **Savenko A.V.** Coprecipitation of fluorine with iron hydroxide in seawater // *Moscow University Geology Bulletin*. 1998. V. 53. № 3. P. 66–67. *Scopus IF (CiteScore) = 0.7*.

5. **Голубев С.В., Ерофеева Е.А., Савенко А.В., Савенко В.С.** Поведение фосфора на кислотно-основном геохимическом барьере в зоне смешения кислых вулканических и морских вод // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1998. № 2. С. 60–65. *Scopus IF (CiteScore) = 0.9, доля участия 1/4*.

6. **Савенко А.В.** Соосаждение фосфора, мышьяка и ванадия с гидроксидом железа в гидротермальных плюмах // Докл. Акад. наук. 1998. Т. 361. № 5. С. 679–681. Переводная версия: **Savenko A.V.** The coprecipitation of phosphorus, arsenic, and vanadium along with iron hydroxide in hydrothermal plumes // *Doklady Earth Sciences*. 1998. V. 361A. № 6. P. 866–868. *Scopus IF (CiteScore) = 1.3*.

7. **Савенко А.В.** Экспериментальное моделирование соосаждения фосфора с карбонатом кальция при диагенезе морских осадков // Геохимия. 1998. № 7. С. 471–473. Переводная версия: **Savenko A.V.** Experimental modeling of phosphorus and calcium carbonate coprecipitation during diagenesis of marine sediments // *Geochemistry International*. 1998. V. 36. № 7. P. 660–662. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

8. **Савенко А.В.** Взаимодействие гидроксилapatита с морской водой // Океанология. 1998. Т. 38. № 5. С. 773–776. Переводная версия: **Savenko A.V.** Interaction between hydroxyapatite and seawater // *Oceanology*. 1998. V. 38. № 5. P. 699–701. *Scopus IF (CiteScore) = 1.2*.

9. **Савенко А.В.** Экспериментальное моделирование соосаждения оксианионов (PO_4^{3-} , VO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , AsO_3^{3-} , AsO_4^{3-}) с гидроксидом железа в подводных гидротермальных

плюмах // Геохимия. 1999. № 3. С. 281–288. Переводная версия: **Savenko A.V.** Coprecipitation of the PO_4^{3-} , VO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , AsO_3^{3-} , and AsO_4^{3-} oxyanions with Fe hydroxide in submarine hydrothermal plumes: Experimental modeling // *Geochemistry International*. 1999. V. 37. № 3. P. 240–247. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

10. **Савенко А.В.** Роль гидротермальных оксигидроксидов железа в накоплении кобальта и никеля в металлоносных осадках океана (данные экспериментального моделирования) // Литология и полез. ископаемые. 1999. № 4. С. 432–438. Переводная версия: **Savenko A.V.** The role of hydrothermal iron oxyhydroxides in the accumulation of cobalt and nickel in metalliferous sediments of the ocean (based on experimental simulation data) // *Lithology and Mineral Resources*. 1999. V. 34. № 4. P. 381–387. *Scopus IF (CiteScore) = 1.3*.

11. **Савенко А.В.** О механизме накопления ртути в металлоносных осадках океана // Геохимия. 1999. № 9. С. 1022–1024. Переводная версия: **Savenko A.V.** On the mechanism of mercury accumulation in metalliferous oceanic sediments // *Geochemistry International*. 1999. V. 37. № 9. P. 918–920. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

12. **Савенко А.В.** О механизме накопления бора в металлоносных осадках океана // Океанология. 2000. Т. 40. № 2. С. 217–220. Переводная версия: **Savenko A.V.** On the mechanism of boron accumulation in oceanic metalliferous sediments // *Oceanology*. 2000. V. 40. № 2. P. 201–203. *Scopus IF (CiteScore) = 1.2*.

13. **Савенко А.В.** Сорбция бора на речных взвесьях и его баланс в океане // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2000. № 5. С. 29–31. *Scopus IF (CiteScore) = 0.9*.

14. **Савенко А.В.** Экспериментальное изучение сорбции Hg на минеральных взвесьях в зоне смешения речных и морских вод // Водные ресурсы. 2000. Т. 27. № 6. С. 755–758. Переводная версия: **Savenko A.V.** Experimental studying Hg sorption on mineral suspensions in the zone of sea and river water mixing // *Water Resources*. 2000. V. 27. № 6. P. 688–691. *Scopus IF (CiteScore) = 1.5*.

15. **Савенко А.В.** Соосаждение марганца, меди, цинка, свинца и кадмия с гидроксидом железа в гидротермальных плюмах (по данным лабораторного моделирования) // Океанология. 2001. Т. 41. № 4. С. 527–532. Переводная версия: **Savenko A.V.** Coprecipitation of manganese, copper, zinc, lead, and cadmium with iron hydroxide in hydrothermal plumes (by the data of laboratory modeling) // *Oceanology*. 2001. V. 41. № 4. P. 502–507. *Scopus IF (CiteScore) = 1.2*.

16. **Савенко А.В.** Сорбция фосфатов на кальците и арагоните из морской воды // Геохимия. 2001. № 11. С. 1246–1248. Переводная версия: **Savenko A.V.** Phosphate sorption from seawater on calcite and aragonite // *Geochemistry International*. 2001. V. 39. № 11. P. 1144–1146. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

17. **Батурич Г.Н., Савенко А.В.** Проблема фосфатизации известняков в свете экспериментальных исследований // Океанология. 2002. Т. 42. № 2. С. 210–217. Переводная версия: **Baturin G.N., Savenko A.V.** The problem of limestone phosphatization in light of experimental studies // *Oceanology*. 2002. V. 42. № 2. P. 197–204. *Scopus IF (CiteScore) = 1.2, доля участия 1/2*.

18. **Савенко А.В., Волков И.И.** Абиогенное осаждение кремнезема в современном океане // Геохимия. 2003. № 6. С. 676–680. Переводная версия: **Savenko A.V., Volkov I.I.** Abiogenic silica sedimentation from the modern ocean // *Geochemistry International*. 2003. V. 41. № 6. P. 609–613. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4, доля участия 1/2*.

19. **Савенко А.В.** Факторы, контролирующие геохимию урана в зоне смешения речных и морских вод // Геохимия. 2007. № 9. С. 1030–1037. Переводная версия: **Savenko A.V.** Factors controlling uranium geochemistry in the mixing zone of river- and seawaters // *Geochemistry International*. 2007. V. 45. № 9. P. 945–952. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

20. **Савенко А.В.** Физико-химический механизм образования современных диагенетических фосфоритов в океане // Докл. Акад. наук. 2008. Т. 418. № 4. С. 526–529. Переводная версия: **Savenko A.V.** Physicochemical mechanism of the formation of recent diagenetic phosphorites in the ocean // *Doklady Earth Sciences*. 2008. V. 418. № 1. P. 174–177. *Scopus IF (CiteScore) = 1.3*.

21. **Савенко А.В.** О физико-химическом механизме диагенетического формирования современных океанских фосфоритов // Геохимия. 2010. № 2. С. 208–215. Переводная версия: **Savenko A.V.** On the physicochemical mechanism of diagenetic phosphorite synthesis in the modern ocean // *Geochemistry International*. 2010. V. 48. № 2. P. 194–201. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

22. **Савенко А.В.** Физико-химический механизм перераспределения фосфора в осадках высокопродуктивных районов океана (по данным экспериментального моделирования) // Геохимия. 2014. № 5. С. 476–480. Переводная версия: **Savenko A.V.** Physicochemical mechanism of phosphorus redistribution in sediments of highly productive oceanic areas: Experimental modeling data // *Geochemistry International*. 2014. V. 52. № 5. P. 428–432. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4*.

23. **Савенко А.В., Савенко В.С.** Поглощенный комплекс твердых веществ речного стока и его роль в геохимическом балансе океана // Литология и полез. ископаемые. 2016. № 1. С. 16–41. Переводная версия: **Savenko A.V., Savenko V.S.** Absorbed complex of riverine solid substances and its role in geochemical balance of the ocean // *Lithology and Mineral Resources*. 2016. V. 51. № 1. P. 13–37. *Scopus IF (CiteScore) = 1.3, доля участия 1/2*.

24. **Савенко А.В.** Роль процессов десорбции в трансформации стока растворенного бария в зоне смешения речных и морских вод (по данным экспериментального моделирования) // Докл. Акад. наук. 2019. Т. 487. № 5. С. 551–553. Переводная версия: **Savenko A.V.** Role of desorption processes in transformation of dissolved barium runoff in the mixing zone of river waters and seawaters: Experimental modeling data // *Doklady Earth Sciences*. 2019. V. 487. Part 2. P. 950–952. *Scopus IF (CiteScore) = 1.3*.

25. **Савенко А.В., Савенко В.С.** Химическая трансформация поглощенного комплекса материкового стока твердых веществ на геохимическом барьере река–море (по данным экспериментального моделирования) // Геохимия. 2020. Т. 65. № 1. С. 101–104. Переводная версия: **Savenko A.V., Savenko V.S.** Chemical transformation of the adsorbed complex of solid matter of continental runoff in the river–sea geochemical barrier: Experimental modeling // *Geochemistry International*. 2020. V. 58. № 1. P. 100–102. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4, доля участия 1/2*.

26. **Савенко А.В., Савенко В.С., Покровский О.С.** Сорбционно-десорбционная трансформация стока растворенных микроэлементов на геохимическом барьере река–море (по данным лабораторного экспериментального моделирования) // Водные ресурсы. 2021. Т. 48. № 2. С. 207–212. Переводная версия: **Savenko A.V., Savenko V.S., Pokrovskii O.S.** Sorption–desorption transformation of the runoff of dissolved microelements at river–sea geochemical barrier (based on data of experimental laboratory simulation) // *Water Resources*. 2021. V. 48. № 2. P. 285–290. *Scopus IF (CiteScore) = 1.5, доля участия 1/3*.

27. **Савенко А.В., Савенко В.С., Покровский О.С.** Фазовое фракционирование химических элементов в зонах смешения кислых вулканических и морских вод (по данным экспериментального моделирования) // Геохимия. 2021. Т. 66. № 10. С. 926–937. Переводная версия: **Savenko A.V., Savenko V.S., Pokrovsky O.S.** Phase fractionation of chemical elements in the mixing zones of acidic volcanic and sea waters: Experimental modeling data // *Geochemistry International*. 2021. V. 59. № 10. P. 959–969. *Scopus IF (CiteScore) = 1.4, доля участия 1/3*.

28. **Савенко А.В., Савенко В.С.** Влияние карбонатной щелочности на растворимость современных морских фосфоритов // Океанология. 2022. Т. 62. № 1. С. 59–63. Переводная версия: **Savenko A.V., Savenko V.S.** Effect of carbonate alkalinity on the solubility of modern marine phosphorite // *Oceanology*. 2022. V. 62. № 1. P. 46–49. *Scopus IF (CiteScore) = 1.2, доля участия 1/2*.

29. **Savenko A.V., Savenko V.S.** Adsorbed chemical elements of river runoff of solids and their role in the transformation of dissolved matter runoff into the ocean // *Minerals*. 2022. V. 12. № 4, 445. *Scopus IF (CiteScore) = 3.7, доля участия 1/2*.

На диссертацию и автореферат поступило **7 дополнительных отзывов, все положительные.**

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой компетентностью и авторитетом в области геохимии и минералогии, в частности геохимии природных вод и экспериментального моделирования геохимических процессов, а также наличием публикаций в высокорейтинговых научных журналах в соответствующей сфере исследования за последние 5 лет.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена **важная научная проблема**, имеющая теоретическую и практическую значимость: разработана и реализована методология экспериментального моделирования низкотемпературных геохимических процессов применительно к природным сорбционно-осадительным барьерам, играющим важную роль в экзогенном рудообразовании и формировании эколого-геохимического состояния окружающей среды. Полученные результаты использованы в курсах «Морская геохимия» и «Геохимия океана» для Геологического и Географического факультетов МГУ и могут быть включены в содержание лекционных курсов по сходной тематике в других ВУЗах.

Научная новизна работы состоит в следующем. Установлено, что химический состав автохтонного взвешенного вещества подводных гидротермальных плюмов соответствует содержанию макро- и микроэлементов, соосажденных в аналогичных условиях с оксигидроксидами железа (III), образующимися при окислении растворенного железа (II). Показано, что происходящая в условиях высокой карбонатной щелочности поровых растворов карбонатизация апатитовых фаз вызывает мобилизацию фосфора, сопровождающуюся его перераспределением в донных осадках и накоплением переотложенных фосфоритов вблизи границы вода–дно. По данным экспериментального моделирования выделен новый «квазиконсервативный» тип распределения растворенных химических элементов в зоне смешения речных и морских вод, при котором сорбционно-десорбционные процессы протекают, но не отражаются на характере зависимости концентрация–хлорность, соответствующей инертному поведению растворенных компонентов.

Количественно охарактеризована фазовая сорбционно-осадительная дифференциация биогенных элементов и микроэлементов в процессе взаимодействия вод кислых вулканических источников с морской водой, приводящем к осаждению гидроксидов железа (III) и алюминия.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Экспериментальное моделирование является эффективным методом изучения природных многофакторных экзогенных геохимических процессов. Возможность экспериментального моделирования природных квазистационарных процессов обеспечивается тем, что а) законы, описывающие химические процессы, действуют одинаково в материальных моделях и их оригиналах и б) состояние термодинамического равновесия характеризуется одними и теми же значениями параметров в материальных моделях и их прототипах.

2. Химический состав автохтонной взвеси подводных гидротермальных плюмов и, за исключением Mn, Co и Ni, гидротермальной составляющей металлоносных осадков океана определяется процессом соосаждения растворенных химических элементов с оксигидроксидами железа (III), образующимися при окислении растворенного железа (II).

3. Диагенез осадков высокопродуктивных районов океана приводит к росту с глубиной карбонатной щелочности поровых растворов и увеличению доли карбонат-ионов в составе апатитовых фаз. Это вызывает мобилизацию растворенного фосфора в нижних слоях донных отложений, возникновение его восходящих потоков и переотложение–накопление фосфоритов вблизи границы вода–осадок.

4. На геохимическом барьере река–море происходит смещение сорбционно-десорбционных равновесий между терригенным материалом твердого речного стока и водной средой, в результате чего снижается сток растворенных Na, K, Mg, B, F, Cs, Pb, U и увеличивается сток растворенных Ca, NH₄, Mn, Co, Ni, Cd, Ba, Tl, Hg.

5. В зонах смешения вод кислых вулканических источников с морской водой возникает кислотно-основной сорбционно-осадительный геохимический барьер, связанный с дифференцированным осаждением гидроксидов железа (III) и алюминия, которое сопровождается фазовым фракционированием растворенных химических элементов, обусловленным их соосаждением с указанными гидроксидами (Ga, P, V, As, Sb – преимущественно с Fe(OH)₃; Y, р.з.э., Si, U, Zn, Pb, Cu, Ni, Co, Cd, Mn, Tl – преимущественно с Al(OH)₃).

На заседании 10 февраля 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Савенко А.В. ученую степень доктора геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.6.4 – «Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» (по геолого-минералогическим наукам), участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: «за» – 20, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

диссертационного совета МГУ.016.5

доктор геолого-минералогических наук,

профессор, чл.-корр. РАН

Пеков И.В.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ

диссертационного совета МГУ.016.5

доктор химических наук, профессор

Белоконева Е.Л.

10 февраля 2023 года