

Заключение диссертационного совета МГУ.014.6
по диссертации на соискание ученой степени доктора наук
Решение диссертационного совета от «18» июня 2025 г. № 154

О присуждении Сафонову Алексею Владимировичу, гражданину Российской Федерации ученой степени доктора химических наук.

Диссертация «Биогеохимический *in situ* барьер в загрязненных подземных водах на предприятиях ядерно-топливного цикла» по специальности 1.4.13 Радиохимия (химические науки) принята к защите диссертационным советом 09 апреля 2025 г., протокол № 150.

Соискатель Сафонов Алексей Владимирович в 2009 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук на тему «Экологические аспекты локализации жидких радиоактивных отходов в глубинном хранилище «Северный» по специальности 03.00.16 – Экология в диссертационном совете Д.212.204.14 при Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева.

Соискатель работает в лаборатории химии технеция Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук», в должности ведущего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории химии технеция Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук».

Научный консультант – доктор биологических наук, **Назина Тамара Николаевна**, заведующий лабораторией нефтяной микробиологии, главный научный сотрудник Института микробиологии им. С.Н. Виноградского Федерального государственного бюджетного учреждения Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Поляков Евгений Валентинович – доктор химических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией физико-химических методов анализа, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии твёрдого тела Уральского отделения Российской академии наук»;

Бычков Андрей Юрьевич - доктор геолого-минералогических наук, доцент, профессор РАН, заведующий кафедрой геохимии Геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;

Смирнов Игорь Валентинович - доктор химических наук, старший научный сотрудник, Акционерное общество «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина», ученый секретарь - начальник отдела ученого секретаря –
дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что Поляков Евгений Валентинович является специалистом мирового уровня в области радиоэкологии и химии актинидов в объектах окружающей среды. Бычков Андрей Юрьевич является специалистом мирового уровня в области

геохимии подземных вод и биогеохимических процессов осадкообразования. Смирнов Игорь Валентинович является крупным специалистом в области разделения актинидов и продуктов деления и их поведения в радиоактивных отходах. Публикации официальных оппонентов близки по своей направленности к теме рассматриваемой диссертационной работы.

Соискатель имеет 140 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 47 печатных работ, из них 35 в журналах, входящих в международные базы данных Web of science и Scopus, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.13 Радиохимия (химические науки).

1. German K.E. Technetium sulfide–formation kinetics, structure and particle speciation / K.E. German, A.A. Shiryayev, **A.V. Safonov**, Y.A. Obruchnikova, V.A. Ilin, V.E. Tregubova // *Radiochimica Acta*. — 2015. — V. 103, № 3. — P. 199-203. (WoS, JIF 1,4; 0,3 п.л./65%).
2. Zinicovscaia I. Uptake of metals from single and multi-component systems by *Spirulina platensis* biomass / I. Zinicovscaia, **A.V. Safonov**, V. Tregubova, V. Ilin, L. Cepoi, T. Chiriac, L. Rudi, M.V. Frontasyeva // *Ecological Chemistry and Engineering S*. — 2016. — V. 23, № 4. — P. 401-412. (WoS, JIF 2,5; 0,8 п.л./70%).
3. Андриященко Н.Д. Сорбционные характеристики материалов фильтрационного барьера в верхних водоносных горизонтах, загрязненных радионуклидами / Н.Д. Андриященко, **А.В. Сафонов**, Т.Л. Бабич, П.В. Иванов, Ю.В. Коневник, А.А. Кондрашова, И.М. Прошин, Е.В. Захарова // *Радиохимия*. — 2017. — Т. 59, № 4. — С. 361–370. (ИФ РИНЦ 0,739; 0,6 п.л./70%) (Safonov A.V. Sorption characteristics of materials of the filtration barrier in upper aquifers contaminated with radionuclides / N. Andryushchenko, **A.V. Safonov**, T. Babich, P. Ivanov, Y.V. Konevnik, A. Kondrashova, I. Proshin, E. Zakharova // *Radiochemistry*. — 2017. — V. 59. No. 4 — P. 414–424. (WoS, JIF 0,9; 0,6 п.л./70%).
4. Zinicovscaia I. Bioaccumulation and biosorption of some selected metals by bacteria *Pseudomonas putida* from single-and multi-component systems. / I. Zinicovscaia, **A.V. Safonov**, V. Tregubova, V. Ilin, M.V. Frontasyeva, L. Demina // *Desalination and Water Treatment*. — 2017. — V. 74. — P. 149-154. (WoS, JIF 1; 0,4 п.л./70%).
5. Novikov A.P. Speciation of actinides in groundwater samples collected near deep nuclear waste repositories / A.P. Novikov, I.E. Vlasova, **A.V. Safonov**, V.M. Ermolaev, E.V. Zakharova, St.N. Kalmykov // *Journal of Environmental Radioactivity*. — 2018. — V. 192. — P. 334-341. (WoS, JIF 1,9; 0,5 п.л./70%).
6. **Safonov A.V.** Comparative Study of Lanthanum, Vanadium, and Uranium Bioremoval Using Different Types of Microorganisms / **A.V. Safonov**, V. Tregubova, V. Ilin, K. Boldyrev, I. Zinicovscaia, M. Frontasyeva, T. Khijniak // *Water, Air, & Soil Pollution*. — 2018. — V. 229, No 3. — art. number 82. (WoS, JIF 3,8; 0,8 п.л./75%).
7. Zinicovscaia I. Biosorption of Re (VII) from batch solutions and industrial effluents by cyanobacteria *Spirulina platensis* / I. Zinicovscaia, **A.V. Safonov**, I. Troshkina, L. Demina, K. German // *CLEAN–Soil, Air, Water*. — 2018. — V. 46, № 7. — art. number 1700576. (WoS, JIF 1,5; 0,4 п.л./70%).
8. **Safonov A.V.** Microbial community and in situ bioremediation of groundwater by nitrate removal in the zone of a radioactive waste surface repository / **A.V. Safonov**, T.L. Babich, D.S. Sokolova, D.S. Grouzdev, T.P. Tourova, A.B. Poltarau, E.V. Zakharova, A.Y. Merkel, A.P. Novikov, T.N. Nazina // *Frontiers in Microbiology*. — 2018. — V. 9, — art. number 1985. (WoS, JIF 4; 0,9 п.л./75%).
9. **Сафонов А.В.** Биогенные факторы формирования геохимических урановых аномалий в районе шламохранилища Новосибирского завода химконцентратов / **А.В. Сафонов**, А.Е. Богуславский, К.А. Болдырев, Л.В. Зайцева // *Геохимия*. — 2019. — Т. 64, № 6. — С. 644–650. (ИФ РИНЦ 1.224; 0,4 п.л./50%) (**Safonov A.V.** Biogenic Factors of Formation of Geochemical Uranium Anomalies near the Sludge Storage of the Novosibirsk Chemical Concentrate Plant/ A.V. Safonov, A.E. Boguslavskii, K.A. Boldyrev, L.V. Zayceva // *Geochemistry International*. — 2019. — V. 57, № 6. — P. 709–715. (WoS, JIF 0,7; 0,4 п.л./50%).
10. **Сафонов А.В.** Биогенные факторы иммобилизации радионуклидов на песчаных породах верхних водоносных горизонтов / **А.В. Сафонов**, Н.Д. Андриященко, П.В. Иванов, К.А. Болдырев, Т.Л. Бабич, К.Э. Герман, Е.В. Захарова // *Радиохимия*. — 2019. — Т. 61, № 1. — С. 63–71. (ИФ РИНЦ 0,739; 0,6 п.л./75%) (**Safonov A.V.** Biogenic Factors of Radionuclide Immobilization on Sandy Rocks of Upper Aquifers / A.V. Safonov, N.D. Andryushchenko, P.V. Ivanov, K.A. Boldyrev, T.L. Babich, K.E. German, E.V. Zakharova // *Radiochemistry*. — 2019. —

- V. 61, № 1. — P. 99–108. (WoS, JIF 0,9; 0,6 п.л./75%)).
11. Zinikovskaia I. Metal ions removal from different type of industrial effluents using *Spirulina platensis* biomass / I. Zinikovskaia, **A.V. Safonov**, S. Ostalkevich, S. Gundorina, P. Nekhoroshkov, D. Grozdov // International journal of phytoremediation. — 2019. — V. 21, № 14. — P. 1442–1448. (WoS, JIF 3,4; 0,4 п.л./70%).
 12. Новиков А.П. Биотрансформация нептуния в модельных подземных водах / А.П. Новиков, **А.В. Сафонов**, Т.Л. Бабич, К.А. Болдырев, Д.В. Крючков, Е.А. Лавринович, Е.В. Кузовкина, А.М. Емельянов, Т.А. Горяченкова // Геохимия. — 2020. — Т. 65, № 2. — С. 145–152. (ИФ РИИЦ 1.224; 0,4 п.л./70%) (Novikov A.P. Biotransformation of neptunium in model groundwaters Novikov A.P., Lavrinovich E.A., Kuzovkina E.V., Emel'yanov A.M., Goryachenkova T.A., **Safonov A.V.**, Babich T.L., Boldyrev K.A., Kryuchkov D.V. Geochemistry International. — 2020. — V. 58. № 2. — P. 182–188. (WoS, JIF, 0,7; 0,5 п.л./70%).
 13. Ivanov P. Glucose-stimulation of natural microbial activity changes composition, structure and engineering properties of sandy and loamy soils / P. Ivanov, N. Manucharova, S. Nikolaeva, **A. V. Safonov**, V. Krupskaya, M. Chernov, K. Eusterhues, K.U. Totsche // Engineering geology. — 2020. — V. 265. — art. number 105381. (WoS, JIF 6,9; 1,9 п.л./65%).
 14. Boguslavsky A.E. Environmental monitoring of low-level radioactive waste disposal in electrochemical plant facilities in Zelenogorsk, Russia / A.E. Boguslavsky, O.L. Gaskova, O.S. Naymushina, N.M. Popova, **A.V. Safonov** // Applied Geochemistry. — 2020. — V. 119. — art. number 104598. (WoS, JIF 3,1; 0,7 п.л./50%).
 15. **Safonov A.V.** Structure and gene cluster of the O-polysaccharide from *Pseudomonas veronii* A-6-5 and its uranium bonding / **A.V. Safonov**, A.V. Perepelov, T.L. Babich, N.M. Popova, D.S. Grouzdev, A.V. Filatov, A.S. Shashkov, L.I. Demina, T.N. Nazina // International Journal of Biological Macromolecules. — 2020. — V. 165. Part B, — P. 2197–2204. (WoS, JIF 7,7; 0,5 п.л./75%).
 16. Zinikovskaia I. Metal removal from nickel-containing effluents using mineral–organic hybrid adsorbent / I. Zinikovskaia, N. Yushin, D. Grozdov, K. Vergel, N. Popova, G. Artemiev, **A.V. Safonov** // Materials. — 2020. — V. 13, № 19. — art. number. 4462. (WoS, JIF 3,1; 1,3 п.л./70%).
 17. Zinikovskaia I. Selective metal removal from chromium-containing synthetic effluents using *Shewanella xiamenensis* biofilm supported on zeolite. / I. Zinikovskaia, **A.V. Safonov**, K. Boldyrev, S. Gundorina, N. Yushin, O. Petuhov, N. Popova // Environmental Science and Pollution Research. — 2020. — V. 27, № 10. — P. 10495–10505. (WoS, JIF 5,8; 0,7 п.л./70%).
 18. German K.E. Hypolimnion behavior of technetium in freshwater at various stages of eutrophication / K.E. German, **A.V. Safonov**, D.A. Zelenina, A.V. Sitanskaya, K.A. Boldyrev, E.V. Belova // Journal of Environmental Radioactivity. — 2021. — V. 237. - art. number 106716. (WoS, JIF 1,9; 0,6 п.л./70%).
 19. Perepelov A.V. Structure elucidation and gene cluster annotation of the O-antigen of *Pseudomonas veronii* SHC-8-1 containing 2-acetamido-2, 4, 6-trideoxy-4-(3, 5-dihydroxyhexanoylamino)-D-glucose / A.V. Perepelov, A.V. Filatov, A.S. Shashkov, D.S. Grouzdev, T.L. Babich, N.M. Popova, **A.V. Safonov** // Carbohydrate Research. — 2021. — V. 504. art. number 108306. (WoS, JIF 2,4; 0,3 п.л./60%).
 20. Атыкян Н.А. Сорбенты на основе бактериальной целлюлозы для выделения Sr, U, Pu и Am из растворов / Н.А. Атыкян, В.В. Ревин, **А.В. Сафонов**, Я.Ю. Карасева, И.М. Прошин, В.В. Шутова // Радиохимия. — 2021. — Т. 63, № 5. — С. 476–483. (ИФ РИИЦ 0,739; 0,6 п.л./70%) (**Safonov A.V.** Sorbents Based on Bacterial Cellulose for Extraction of Sr, U, Pu, and Am from Solutions / N. Atykyan, V. Revin, **A.V. Safonov**, Y.Y. Karaseva, I. Proshin, V. Shutova // Radiochemistry. — 2021. — V. 63, № 5— P. 613–619. (WoS, JIF 0,9; 0,5 п.л./70%).
 21. **Safonov A.V.** Investigation of materials for reactive permeable barrier in removing cadmium and chromium (VI) from aquifer near a solid domestic waste landfill / **A.V. Safonov**, N. Popova, N. Andrushenko, K. Boldyrev, N. Yushin, I. Zinikovskaia // Environmental Science and Pollution Research. — 2021. — V. 28. — P. 4645–4659. (WoS, JIF 5,8; 0,9 п.л./75%).
 22. **Safonov A.V.** Biogeochemical Modelling of Uranium Immobilization and Aquifer Remediation Strategies Near NCCP Sludge Storage Facilities / **A.V. Safonov**, A.E. Boguslavsky, O.L. Gaskova, K.A. Boldyrev, O.S. Shvartseva, A.A. Khvashchevskaya, N.M. Popova // Applied Sciences. — 2021. — V. 11, № 6. — art. number 2875. (WoS, JIF 2,8; 1,5 п.л./50%).
 23. Zinikovskaia I. Zinc-containing effluent treatment using *Shewanella xiamenensis* biofilm formed on zeolite / I. Zinikovskaia, N. Yushin, D. Grozdov, D. Abdusamadzoda, **A.V. Safonov**, E. Rodlovskaya // Materials. — 2021. — V. 14, № 7. — art. number 1760. (WoS, JIF 3,1; 1,1 п.л./60%).
 24. Zinikovskaia I. Bio-zeolite use for metal removal from copper-containing synthetic effluents / I.

- Zinikovskaia, N. Yushin, D. Grozdov, **A.V. Safonov**, T. Ostovnaya, K. Boldyrev, D. Kryuchkov, N. Popova // Journal of Environmental Health Science and Engineering. — 2021. — V. 19. № 2 — P. 1383–1398. (WoS, JIF 3,0; 0,9 п.л./65%).
25. **Сафонов А.В.** Геохимическое моделирование поведения урана в подземных водах вблизи шламохранилищ при биоремедиации / **А.В. Сафонов**, А.Е. Богуславский, К.А. Болдырев, О.Л. Гаскова, О.С. Наймушина, Н.М. Попова // Геохимия. — 2021. — Т. 66, № 1. — С. 63–72. (ИФ РИНЦ 1.224; 0,4 п.л./50%) (**Safonov A.V.** Geochemical modeling of the uranium behavior in groundwater near the sludge storages during bioremediation / **A.V. Safonov**, A. Boguslavsky, K. Boldyrev, O. Gaskova, O. Naimushina, N. Popova // Geochemistry international. — 2021. — V. 59. № 1 — P. 56–65. (WoS, JIF 0,7; 0,6 п.л./50%)).
 26. **Safonov A.V.** Risk of colloidal and pseudo-colloidal transport of actinides in nitrate contaminated groundwater near a radioactive waste repository after bioremediation / **A.V. Safonov**, E. Lavrinovich, A. Emel'yanov, K. Boldyrev, V. Kuryakov, N. Rodygina, E. Zakharova, A. Novikov // Scientific Reports. — 2022. — V. 12, № 1. — art. number 4557. (WoS, JIF 3,8; 0,8 п.л./75%).
 27. Novikov A.P. Cation Protonation Degree Influence on the Formation of Anion-Anion and Other Non-Valent Interactions in Guaninium Perrhenates and Pertechnetate / A.P. Novikov, K.E. German, **A.V. Safonov**, M.S. Grigoriev // ChemistrySelect. — 2022. — V. 7, № 33. — art. number e202202814. (WoS, JIF 1,9; 0,5 п.л./65%).
 28. **Safonov A.V.** The microbial impact on U, Pu, Np, and Am immobilization on aquifer sandy rocks, collected at the deep LRW injection site / **A.V. Safonov**, N. Popova, K. Boldyrev, E. Lavrinovich, N. Boeva, G. Artemiev, E. Kuzovkina, A. Emelyanov, I. Myasnikov, E. Zakharova, A. Novikov // Journal of Geochemical Exploration. — 2022. — V. 240. — art. number 107052. (WoS, JIF 3,4; 1,4 п.л./75%).
 29. **Сафонов А.В.** Роль фитопланктона в самоочищении водоемов с радионуклидным загрязнением / **А.В. Сафонов**, А.В. Огнистая, К.А. Болдырев, Д.А. Зеленина, Л.Г. Бондарева, И.Г. Тананаев // Радиохимия. — 2022. — Т. 64, № 2. — С. 120–132. (ИФ РИНЦ 0,739; 0,6 п.л./70%) (**Safonov A. V.** The Role of Phytoplankton in Self-Purification of Water Bodies with Radionuclide Pollutants / **A. V. Safonov**, Ognistaya, A. V., Boldyrev, K. A., Zelenina, D. A., Bondareva, L. G., & Tananaev, I. G. // Radiochemistry. — 2022. — V. 64, No. 2. — P. 120-132. (WoS, JIF 0,9; 0,8 п.л./70%)).
 30. Vishnyakova A. Effect of mineral carriers on biofilm formation and nitrogen removal activity by an indigenous anammox community from cold groundwater ecosystem alone and bioaugmented with biomass from a “warm” anammox reactor / A. Vishnyakova, N. Popova, G. Artemiev, E. Botchkova, Y. Litti, **A. Safonov** // Biology. — 2022. — V. 11, № 10. — art. number 1421. (WoS, JIF 3,6; 1,4 п.л./60%).
 31. Popova N. Biogeochemical Permeable Barrier Based on Zeolite and Expanded Clay for Immobilization of Metals in Groundwater / N. Popova, G. Artemiev, I. Zinikovskaia, N. Yushin, L. Demina, K. Boldyrev, D. Sobolev, **A. Safonov** // Hydrology. — 2022. — V. 10, № 1. — art. number 4. (WoS, JIF 3,1; 1,1 п.л./75%).
 32. Zinikovskaia I. Application of *Shewanella xiamenensis* Placed on Zeolite in Treatment of Silver-Containing Effluents / I. Zinikovskaia, N. Yushin, D. Grozdov, **A.V. Safonov** // Minerals. — 2023. — V. 13, № 2. — art. number 179. (WoS, JIF 2,2; 0,9 п.л./60%).
 33. Boldyrev K.A. Strontium transport modeling in high-concentrated nitrate solution in DEEP liquid radioactive waste repository / K.A. Boldyrev, I.V. Kapryin, **A.V. Safonov**, Y.Y. Karaseva, P.D. Blinov, E.A. Tyupina, E.V. Zakharova // Journal of Contaminant Hydrology. — 2023. — V. 256. — art. number 104172. (WoS, JIF 3,5; 0,7 п.л./60%).
 34. Abuladze M. Adaptive Mechanisms of *Shewanella Xiamenensis* DCB 2-1 Metallophilicity / M. Abuladze, N. Asatiani, T. Kartvelishvili, D. Krivonos, N. Popova, **A.V. Safonov**, N. Sapojnikova, N. Yushin, I. Zinikovskaia // Toxics. — 2023. — V. 11, № 4. — art. number 304. (WoS, JIF 3,9; 1,2 п.л./60%).
 35. Botchkova E. Characterization of enrichment cultures of anammox, nitrifying and denitrifying bacteria obtained from a cold, heavily nitrogen-polluted aquifer / E. Botchkova, A. Vishnyakova, N. Popova, M. Sukhacheva, T. Kolganova, Y. Litti, **A.V. Safonov** // Biology. — 2023. — V. 12, № 2. — art. number 221. (WoS, JIF 3,6; 1,6 п.л./60%).

На автореферат поступило 5 дополнительных отзывов, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-

обоснованные подходы, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, и прежде всего, в развитие методов ремедиации загрязнённых радионуклидами территорий: 1) предложен комплексный подход оценки влияния поверхностных хранилищ НАО на подземные воды, включающий геохимические, геологические и микробиологические исследования, который позволяет прогнозировать процессы миграции загрязнителей на стадиях эксплуатации и в постконсервационный период; 2) выявлены закономерности миграции долгоживущих радионуклидов на фоне растворимых макрокомпонентов инфильтрата в окислительных условиях в растворенной, коллоидной и псевдоколлоидной форме и определены оптимальные участки для комплексной очистки подземных вод; 3) выявлены общие закономерности формирования устойчивых биогеоценозов, включающих микроорганизмы биогеохимических циклов азота, серы и железа в подземных водах с долговременной экстремально высокой техногенной нагрузкой. Подобраны растворы для интенсификации микробных сообществ *in situ*, в том числе добавлением отходов пищевого производства; 4) предложен способ иммобилизации актинидов и стронция *in situ* путем внесения раствора гидрофосфата натрия; 5) предложен способ формирования восстановительного и сорбционно-осадительного барьера для актинидов и технеция путем интенсификации микробных сообществ *in situ* и описаны этапы и условия формирования аутигенных сульфидно-железистых минеральных фаз; 6) впервые описана роль биогеохимических процессов в снижении риска коллоидного и псевдоколлоидного транспорта актинидов; 7) показана принципиальная возможность реализации биогеохимического барьера в зоне аэрации в болотах и приповерхностных водах с комплексным загрязнением, в донных отложениях искусственных и природных водоемов, в глубинных водоносных горизонтах, используемых для закачки жидких РАО.

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. В подземных водах вблизи водоемов-хранилищ РАО ОАО «ЧМЗ», ПАО «НЗХК», АО «АЭХК», АО «ЭХЗ», АО «СХК» участки с высокой техногенной нагрузкой характеризуются высоким риском миграции долгоживущих радионуклидов. Микроорганизмы цикла азота в загрязненных зонах могут обеспечить процесс самоочистки, который лимитирован вследствие дефицита фосфора и органического углерода;
2. Нагнетание растворимых органических соединений (в том числе отходов пищевого производства) и источников фосфора в подземные воды позволяет активировать микробный процесс органотрофной денитрификации *in situ*, что приводит к установлению анаэробных условий, необходимых для дальнейшего формирования биогеохимического барьера;
3. Эффективность удаления нитрата в водоносных горизонтах *in situ* определяется составом органического субстрата, вносимого в пласт, гидродинамическим режимом пласта и составом пород и зависит от микробного разнообразия подземных вод и способности микроорганизмов формировать биопленки, защищающие от стрессовых факторов;
4. В анаэробных условиях после удаления нитратов происходит иммобилизация Sr, U, Pu, Np, Am и Tc на грунтах в биопленках вследствие добавления фосфатов, а также биогенных и биогенно-

опосредованных процессов сульфат- и железоредукции, окисления органического вещества с образованием карбонатов;

5. Активация подземных микробных сообществ внесением органических субстратов и фосфатов позволяет снизить риск миграции коллоидных и псевдоколлоидных фаз урана и других актинидов;

6. При изменении окислительно-восстановительных условий реокисление железа приводит к формированию малорастворимых оксидно-гидроксидных аутигенных фаз, предотвращающих ремобилизацию актинидов и Тс.

Личный вклад автора также состоит в самостоятельном выполнении большей части экспериментальных и теоретических исследований, в непосредственном руководстве этими исследованиями осуществляющимися совместно с сотрудниками ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Института аналитической химии и геохимии РАН, Института геологии и минералогии СО РАН, Института органической химии РАН, Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН и другими научными институтами и организациями. Автору принадлежит основная роль при выборе методов и подходов для решения поставленных задач, анализе результатов и их обобщении.

На заседании 18 июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Сафонову А.В. ученую степень доктора химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 4 доктора наук по специальности 1.4.13 Радиохимия (химические науки), участвовавших в заседании, из 25-ти человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 15, против 1, недействительных бюллетеней 2.

Зам. председателя диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, профессор

Черняев А.П.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат химических наук

Северин А.В.

«18» июня 2025 года