

Отзыв официального оппонента Полякова Е.В. на докторскую диссертацию Бежина Николая Алексеевича «Сорбционное концентрирование природных, космогенных и техногенных радионуклидов из морской воды» по специальности 1.4.13 – Радиохимия.

Научный консультант, - чл.-корр. РАН, доктор химических наук Тананаев Иван Гундарович.

**Актуальность темы.** Предметом диссертации Николая Алексеевича Бежина является решение актуальной проблемы радиохимии, - повышение чувствительности методов определения радионуклидов природного и техногенного происхождения в морской воде за счёт создания новых перспективных сорбционных материалов и их применения для сорбционного концентрирования следовых количеств радионуклидов из морской воды. Такой подход обеспечивает фундамент более детального исследования вопросов радиохимии, радиоэкологии и геохимии радиоактивных элементов в воде морей и океанов.

**Целью диссертационной работы** является исследование физико-химических и сорбционных характеристик синтезированных автором и коммерчески доступных сорбентов для извлечения из морской воды радионуклидов с природным изотопным составом, или с добавкой носителя (цезий, фосфор, бериллий) и разработка методов сорбционного концентрирования космогенных ( $^7\text{Be}$ ,  $^{33}\text{P}$ ), природных ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ) и техногенных ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) радионуклидов из морской воды для решения радиоэкологических и океанологических задач.

**Научная новизна** работы состоит в том, что диссертантом впервые в отечественной радиохимической практике научно обоснованы и применены радиотрассерные методы оценки стационарных и динамических показателей ряда геохимических процессов в морской воде. На основе разработанных автором новых методик статистики и динамики концентрирования космогенных, природных и техногенных радионуклидов  $^7\text{Be}$ ,  $^{32,33}\text{P}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  из морской воды автором получен ряд важных геохимических результатов, характеризующих вертикальные профили изменения удельной активности  $^{32,33}\text{P}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  в точках пробоотбора и пространственную вариацию распределения  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{228}\text{Ra}$  в зоне Крымского полуострова Черного моря. Им впервые обнаружен ряд новых геохимических проявлений в зонах контакта морской воды и шельфов Крымского и Гераклейского полуострова. С применением методов радиохимического определения соотношения изотопов  $^{228}\text{Ra}$  и  $^{226}\text{Ra}$  выполнена оценка потока субмаринной разгрузки подземных пресных вод на мысе Айя. Используя полученные радиоаналитические данные об удельной активности изотопов  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$  диссертантом дана количественная оценка скорости седиментации взвешенного вещества в поверхностном слое до 85 м воды Черного моря. На примере акватории бухты Ласпи и Балаклавского побережья Черного моря впервые с помощью созданных методик анализа проведено систематическое количественное определение параметров биодинамики фосфора (степень, скорость и время обращения фосфора), установлена их сезонная изменчивость с использованием радиохимических данных по объёмной активности  $^{32,33}\text{P}$  в растворенной и взвешенной формах фосфора. Впервые получена количественная оценка субмаринной разгрузки

29 июля 2024 г. Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН

подземных (пресных) вод в акватории Балаклавского побережья с использованием радиотрассерных методов. Анализом изотопного отношения пары  $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$  впервые выполнена оценка количественных показателей седиментации взвешенного вещества из поверхностного слоя Черного моря. В акватории Гераклейского полуострова Черного моря по данным удельной активности  $^{32,33}\text{P}$  в растворенной и взвешенной формах определены количественные параметры биодинамики фосфора, изучена их сезонная изменчивость. В целом, в отечественную практику впервые введена радиотрассерная методика оценки количественных характеристик седиментации взвешенного вещества из поверхностного слоя морской воды.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается в том, что систематическое исследование сорбционных свойств лучших образцов отечественным композитных сорбентов и синтетических материалов собственного изготовления дали возможность на современном уровне выполнить в экспедиционных условиях радиохимическое исследование стационарных и динамических процессов в системе воздух – морская вода – шельф полуострова Крым, имеющих большое теоретическое значение для региональной геохимии и практическое значение для социально-экономического этого региона. В особенности существенны полученные автором показатели воздействия экономической деятельности Крыма на состав морской воды по фосфору, количественные данные о дебете пресной воды в районе мыса Айя.

**Обоснованность и достоверность научных результатов** и выводов определяется использованием диссертатном всесторонне проверенных теоретических методов и экспериментальных подходов в синтезе композитных сорбентов, физико-химических методов обоснования подбора образцов сорбентов для создания на их основе новых радиоаналитических методик концентрирования из морской воды космогенных ( $^7\text{Be}$ ,  $^{33}\text{P}$ ), природных ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ) и техногенных ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) радионуклидов в целях решения радиоэкологических и океанографических задач. Достоверность результатов экспериментальных исследований основана на использовании аттестованных измерительных приборов и методик физико-химического анализа выполнения измерений. Достоверность сформулированных методик и схем радиоаналитического определения в морской воде космогенных, природных и техногенных радионуклидов основывается также на применении статистических методов оценки результатов измерений. Достоверность и новизна основных сформулированных положений и экспериментальных результатов применительно к исследованным геохимическим процессам подтверждается радиохимически обоснованным и геохимически согласованным характером первичных данных.

**Диссертационная работа** Бежина Николая Алексеевича включает введение, 6 глав, выводы, список использованных библиографических источников (371 наименование). Общий объем работы составляет 324 страницы машинописного текста, в том числе 70 рисунков и 54 таблицы.

**Во введении** дано обоснование актуальности выбранной темы работы, определены цель и задачи исследования, изложены защищаемые автором научные положения, определена её научная новизна и практическая значимость.

**Первая глава содержит** литературный обзор характеристик важнейших природных и техногенных радионуклидов в связи с их физико-химическим поведением в морской воде,

29 июля 2024 г. Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН

обобщены результаты применения известных сорбционных процессов концентрирования основных техногенных, природных и космогенных радионуклидов из морской воды, их преимущества и недостатки.

**Во второй главе** описаны материалы, методы и оборудование, использованные при выполнении работы. Большой интерес представляют систематизированные характеристики коммерчески доступных сорбентов, а также сорбентов, использованных в работе для концентрирования техногенных, природных и космогенных радионуклидов из морской воды. Описаны методы получения модифицированных волокнистых сорбентов ПАН-MnO<sub>2</sub>, вариантов ПАН-Fe(OH)<sub>3</sub>. Приведены методики лабораторных испытаний на морской воде представительной группы коммерчески доступных сорбентов и сорбентов собственного производства. Охарактеризованы их статические, кинетические и динамические параметры. Здесь же дано описание методик пробоотбора, укрупнённых испытаний сорбентов в ходе экспедиционных работ, радиометрические данные по концентрированию радионуклидов из морской воды с использованием  $\gamma$ -спектрометрически (<sup>7</sup>Be, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>234</sup>Ra, <sup>236</sup>Ra), жидкостно-сцинтилляционной спектрометрии,  $\alpha$ -спектрометрии,  $\alpha$ - $\beta$  радиометрии после радиохимической подготовки (<sup>32,33</sup>P, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>Pb, <sup>234</sup>Ra, <sup>236</sup>Ra, <sup>234</sup>Th).

**В третьей главе** диссертант описывает различные методы синтеза композитных сорбентов «модифицированного типа», таких как ПАН-MnO<sub>2</sub>, ПАН-Fe(OH)<sub>3</sub>, приводит данные по их структуре и составам. Полученные материалы охарактеризованы современными методами физико-химического анализа, - инфракрасной спектроскопии, термогравиметрического анализа, сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом состава. Оценка химико-механической устойчивости полученных сорбентов, низкого уровня вымывания активного компонента (Mn, Fe) из сорбентов ПАН-MnO<sub>2</sub> и ПАН-Fe(OH)<sub>3</sub> показывают их практическую устойчивость в морской воде. Приведённые данные позволяют воспроизвести синтез композитных сорбентов.

**В четвёртой главе** диссертации автор обсуждает полученные им сравнительные данные по сорбции микроконцентраций цезия из морской воды коммерчески доступными сорбентами - композитами российского производства на основе представительной группы цианоферратов переходных металлов, резорцино-формальдегидного полимера, фосфата циркония (Термоксид 3А). Аналогичные данные по сорбции ионов стронция включают товарные сорбенты на основе оксида марганца, оксида фосфора(V), гидроксида циркония, силиката бария, и большую группу оригинальных сорбентов, созданных автором. Приводятся сведения о сорбентах, использованных для радиохимического анализа бериллия и фосфора. Выделены лучшие сорбенты в группах: для концентрирования радионуклидов цезия из морской воды - цианоферратные сорбенты на целлюлозной матрице; в случае стронция – сорбенты СРМ-Sr, МДМ и Модикс; для концентрирования фосфора из морской воды в статических условиях эффективны сорбент Fe-H, бериллия – сорбенты МДМ, Модикс. Аналогичные данные собраны автором для динамики сорбции при различной скорости пропускания морской воды. Они использованы далее диссертантом при разработке радиохимического анализа морской воды.

**Пятая глава диссертации** содержит описание физико-химических закономерностей статике и динамики извлечения следовых количеств Cs(I), Sr(II), P(V), Be

(II) из морской воды, полученные на основе собственных экспериментальных исследований. Кинетические результаты содержат сравнительные характеристики упрощённых сорбционных моделей внешней диффузии иона в плёнке жидкости вокруг гранулы, реакции химической кинетики псевдо-первого и псевдо-второго порядков по сорбируемому иону, модели Еловича для образцов десяти наиболее эффективных сорбентов. В той же группе сорбентов установлены равновесные характеристики изотерм сорбции по моделям Ленгмюра, Фрейндлиха, Дубинина-Радушкевича. Это позволило диссертанту выделить группы эффективных сорбционных материалов для концентрирования радионуклидов из большого объёма морской воды в экспедиционных условиях.

**Шестая глава диссертации** содержит оригинальные экспериментальные данные, которые являются результатом лабораторных испытаний и последующего использования созданным автором радиоаналитических методик применительно к задачам радиогеохимии и радиоэкологии прибрежных морских зон Крымского полуострова Чёрного моря. Приведены данные по новым методикам извлечения космогенных ( $^7\text{Be}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{33}\text{P}$ ), природных ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ) и техногенных ( $^{137}\text{Cs}$ ) радионуклидов из больших (до нескольких  $\text{m}^3$ ) объёмов морской воды с использованием собственных и коммерчески доступных сорбентов. В главе обсуждаются количественные показатели вертикального распределения изотопов  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{210}\text{Po}$  и характеристики седиментации взвешенного вещества поверхностного слоя морской воды. Выполнены экспедиционные исследования сезонной изменчивости биодинамики фосфора с использованием космогенных изотопов  $^{32}\text{P}$  и  $^{33}\text{P}$  в акватории бухты Ласпи и Балаклавского побережья Крыма. Диссертантом охарактеризована субмаринная разгрузка подземных вод в одном из районов мыса Айя. По полученным данным активности изотопов  $^{228}\text{Ra}$  и  $^{226}\text{Ra}$  впервые рассчитан дебит источника субмаринной разгрузки пресных вод из района мыса Пелекетто, Балаклава.

**Результаты докторской диссертации** Бежина Николая Алексеевича вносят существенный вклад в отечественную радиохимическую практику применения радиотрассерных методов оценки стационарных и динамических показателей ряда геохимических процессов в морской воде. Этот вывод можно рассматривать также в качестве своеобразного научно-методического «импортозамещения» в применении радиохимических методов оценки миграции в морской воде органического вещества с использованием космогенных изотопов фосфора.

**Весьма существенным результатом диссертации** считаю введение диссертантом в отечественную радиоаналитическую практику ряда созданных им химико-аналитически методик определения космогенных изотопов  $^7\text{Be}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{33}\text{P}$ , природных  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{234}\text{Th}$  и техногенных  $^{137}\text{Cs}$  в пробах морской воды большого объёма.

**Практическая составляющая** диссертационной работы включает установление характеристик субмаринной разгрузки подземных вод в одном из районов мыса Айя. По полученным данным активности изотопов  $^{228}\text{Ra}$  и  $^{226}\text{Ra}$  впервые рассчитан дебит источника субмаринной разгрузки пресных вод района мыса Пелекетто, Балаклава. Полученные данные показывают, что подземная река с дебетом 6–10 тыс. кубометров в день способна обеспечить пресной водой население Балаклавы. Этот факт может стать основой для последующего использования пресной воды для решения проблемы обеспечения питьевой водой Крыма.

**Недостатком работы является,** на мой взгляд, является отсутствие в диссертации стандартизованных прописей радиохимического анализа проб морской воды на содержание радионуклидов  $^7\text{Be}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{33}\text{P}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  с стандартизованным описанием материалов и реактивов, порядка проведения анализа, метрологической оценки полученных результатов.

Диссертант успешно решил все основные задачи, сформулированные им для достижения поставленной цели. Это, - разработка новых и оптимизация известных методов получения сорбентов на основе диоксида марганца и гидроксида железа(III); проведение испытаний полученных и коммерчески доступных сорбентов для извлечения радионуклидов из растворов морской воды как в статическом, так и динамическом режимах сорбции; определение оптимальных режимов концентрирования радионуклидов как без носителя, так и с добавлением стабильных носителей; разработка новых и адаптация известных методик извлечения широкого спектра радионуклидов из морской воды с использованием полученных и коммерчески доступных сорбентов. Практическое применение полученных диссертантом результатов относится к выяснению особенностей распределения космогенных, природных и техногенных радионуклидов в воде Черного моря с использованием разработанных методик. Особое значение имеют результаты, характеризующие перспективы идентификации подводных источников пресной воды на шельфе полуострова Крым, данные по гидрологическим механизмам разгрузки подземных вод на мысе Айя полуострова, седиментации взвешенного вещества из поверхностного слоя Черного моря с использованием пар  $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$ ,  $^{238}\text{U}/^{234}\text{Th}$ ,  $^{32,33}\text{P}$  в акватории, выводы о санитарном состоянии прибрежной воды исследуемого региона.

Диссертацию отличает современный экспериментальный уровень выполненных радиохимических и экспедиционных исследований, большой объем данных о физико-химических свойствах разработанных сорбентов, механизмах сорбции, методиках проведения концентрирования радионуклидов. Результаты определения механизмов массопереноса радионуклидов в акватории Черного моря получены в процессе экспедиционных исследований и имеют большое значение для морской геохимии этого региона.

Результаты диссертации апробированы на более 40 международных и отечественных специализированных конференциях. По теме диссертации опубликованы 20 статей в рецензируемых российских и международных научных изданиях и тезисах докладов на конференциях. Большой объем выполненных исследований был обусловлен привлечением к тематике диссертационной работы ведущих представителей отечественной радиохимии (сотрудники ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, ИХ ДВО РАН, МГИ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, ГЕОХИ РАН им. В.И. Вернадского).

Хочу высказать некоторые замечания к работе в целом.

**Замечания.** 1. В разделе «Актуальность» Автореферата автор утверждает, что «Радиоэкологическое состояние окружающей среды определяет содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Постоянный контроль их поступления в моря и океаны, в особенности в прибрежную зону,

29 июля 2024 г. Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН

актуален для нашей страны, омываемой двенадцатью морями». К счастью, радиоэкологическое состояние окружающей среды в настоящее время определяется, прежде всего природными радионуклидами. А вот «по радиоэкологической значимости», наибольший вклад в радиационную нагрузку вносят элементы:  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  [Маркелов Д. А. и др. Природный радиационный фон / Д. А. Маркелов, М. А. Григорьева, О. Е. Польшова, А. В. Маркелов, Н. Я. Минеева. Радионуклиды в биосфере. – М.: Интернет-издательство «Prondo.ru», 2011. – 108 с].

2. По замечанию диссертанта, наиболее проблематичным фактором использованных им лабораторных радиоаналитических методик является учёт потерь контролируемых радионуклидов при из динамической сорбции из морской воды сорбентом в присутствии взвешенных частиц планктона и неорганических коллоидов (дисс., стр. 32). Приведённые им сведения о технике пробоотбора показывают, что эта составляющая радиоаналитических методов ещё далека от совершенства. Кардинально может решить проблему предварительное удаление взвеси и планктона ультрамикрофильтрацией, однако это значительно увеличивает трудоёмкость анализа.

3. Автором и его коллективом выполнен большой объём экспериментальных исследований морской воды на радионуклиды. Но среди перечня исследуемых объектов нет данных по содержанию трития в воде, по поглощению исследуемых радионуклидов природным веществом зоо- и фитопланктона морской воды, включая нанопланктон.

4. В формуле (1.1) диссертации, на основе которой получены оценки времени обращения различных форм стабильного фосфора, использована постоянная распада ( $\lambda$ ), а в табл. 1.1. приведены периоды полураспада. Для оценки удельной активности радионуклидов диссертант использует, наряду с единицей системы СИ - Беккерель/л, внесистемные единицы (dpm).

**Вопросы.** 1. В разделе 2.7.13 «Определение удельной активности  $^{32}\text{P}$  и  $^{33}\text{P}$  методом жидкостно-сцинтилляционной спектрометрии с радиохимической подготовкой» диссертации описана методика определения изотопов фосфора, стр.119, которая включает установление химического выхода фосфора в сорбент по стабильному носителю. По методике, в анализ вносят соль калия в виде ди-гидрофосфата. Это может приводить к увеличению фонофой активности гамма- и тормозного излучения электронов от препаратов фосфомолибдата аммония за счёт распада вносимого природного  $^{40}\text{K}$ . Как диссертант учитывал эти эффекты?

2. В диссертации, табл.6.1., рис. 6.1, приводятся данные о влиянии скорости потока на эффективность выделения радионуклидов цезия из морской воды. Двух сорбентов, ФСС и Анфеж, эффективность извлечения (E) значительно отличается от данных статистики (табл.5.1) и от аналогичных данных для других сорбентов. Вместе с тем, у сорбента Анфеж эти параметры установлены ранее (Bandong, B. B., Volpe, A. M., Esser, B. K., & Bianchini, G. M. (2001). Pre-concentration and measurement of low levels of gamma-ray emitting radioisotopes in coastal waters. *Applied Radiation and Isotopes*, 55(5), 653–665. doi:10.1016/s0969-8043(01)00081-1) и характеризуются величиной E=94% для скорости потока морской воды 3.3 к.о./мин при массе сорбента 300 мл и объёме морской воды 400 л. С чем может быть

связано такое различие в динамической эффективности композитных сорбентов при масштабировании диссертантом лабораторных результатов?

### Заключение

Диссертация Бежина Николая Алексеевича «Сорбционное концентрирование природных, космогенных и техногенных радионуклидов из морской воды» представляет собой актуальную законченную научно-квалификационную работу. Изложенные в работе научные результаты показывают, что цель и задачи диссертационной работы выполнены полностью. Диссертация представляет значимый вклад в радиохимию космогенных, природных и техногенных радионуклидов, её результаты содержат новый вклад в радиохимические и радиоаналитические аспекты массопереноса радионуклидов в геохимических системах атмосфера – морская вода. Диссертация соответствует паспорту специальности 1.4.13 – Радиохимия в частях 2, 3, 5, 7, 9.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, установленным в п. 9-14 Постановления правительства РФ "О порядке присуждения учёных степеней" от 24.09.2013 N 842 в ред. от 25.01.2024 (вместе с "Положением о присуждении учёных степеней"), а её автор Бежин Николай Алексеевич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора химических наук по специальности 1.4.13 – Радиохимия.

Оппонент, Поляков Евгений Валентинович

Доктор химических наук по специальности физическая химия.

Старший научный сотрудник

Заведующий лабораторией Физико-химических методов анализа, главный научный сотрудник

620108 Екатеринбург, улица Первомайская, 91

[www.ihim.uran.ru](http://www.ihim.uran.ru) ; [polyakov@ihim.uran.ru](mailto:polyakov@ihim.uran.ru) ; тел.+7-343-374-481.

Подпись Е.В. Полякова заверяю.

учёный секретарь института к.х.н.



О.А. Липина

29 июля 2024 г. Екатеринбург, ИХТТ УрО РАН

## Сведения об официальном оппоненте

Я, Поляков Евгений Валентинович, согласен быть официальным оппонентом Бежина Николая Алексеевича по диссертации на тему «*Концентрирование, выделение и определение техногенных и природных радионуклидов в морской воде*» по специальности 1.4.13 – Радиохимия, представленной на соискание ученой степени доктора химических наук.

### О себе сообщаю:

Ученая степень: доктор химических наук

Шифр и наименование специальности: 02.00.04 – физическая химия

Учёное звание: старший научный сотрудник

Шифр и наименование специальности: 02.00.01– неорганическая химия

Структурное подразделение и должность: лаборатория физико-химических методов анализа, заведующий лабораторией, главный научный сотрудник

Полное и сокращенное название организации – места работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук» (ИХТТ УрО РАН)

Адрес: 620990, г. Екатеринбург, ул. Первомайская, 91

Телефон: +7 343 3744814

Адрес электронной почты: polyakov@ihim.uran.ru

### Научные работы по специальности оппонируемой диссертации

1. Polyakov, E.V., Ioshin, A.A., Volkov, I.V. (2019). Competitive Adsorption as a Physicochemical Ground for Self-Sufficient Decontamination Areas from Radioactive Pollutants /In: Gupta, D., Voronina, A. (eds) Remediation Measures for Radioactively Contaminated Areas. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73398-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73398-2_4)
2. Поляков Е.В., Волков И.В., Красильников В.Н., Иошин А.А. Статика и кинетика сорбции ионов LA(III), CE(III), U(VI) наноструктурированным композитом AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>||C // Радиохимия. – 2023. – Т. 65, № 1. – С. 70–82.
3. Krasil'nikov V.N., Baklanova I.V., Polyakov E.V., Volkov I.V., Khlebnikov A.N., Tyutyunnik A.P., Tarakina N.V. Amorphous nanostructured composites Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:NC with enhanced sorption affinity to La(III), Ce(III), U(VI) ions in aqueous solution // Inorganic Chemistry Communications. 2022. – Vol. 138. – P. 109313.
4. Поляков Е.В., Денисов Е.И., Волков И.В. Кинетика сорбции <sup>60</sup>Со композитным сорбентом Термоксид 35 в присутствии гуминовых кислот // Радиохимия. – 2022. – Т. 64, № 2. – С. 184–192.

5. Ioshin A., Polyakov E., Volkov I., Denisov E. Properties of Prussian Blue filled membrane mini-reactor in Cs(I) adsorption processes // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. – 2021. – Vol. 12, No. 4. – P. 512–519.
6. Поляков Е.В., Денисов Е.И., Волков И.В. Сорбция  $^{60}\text{Co}$  композитным сорбентом Термоксид 35 в присутствии гуминовых кислот // *Радиохимия*. – 2021. – Т. 63, № 6. – С. 545–552.
7. Krasil'nikov V.N., Linnikov O.D., Gyrdasova O.I., Rodina I.V., Tyutyunnik A.P., Baklanova I.V., Polyakov E.V., Khlebnikov N.A., Tarakina N.V. Synthesis of nanostructured carbon materials with different morphology of aggregates and their sorption properties with respect to nickel(II) ions // *Solid State Sciences*. – 2020. – Vol. 108. – P. 106429.
8. Polyakov E.V., Tzukanov R.R., Volkov I.V., Buldakova L.Yu., Baklanova I.V., Lipina O.A., Zhukov V.P., Kuznetsova Yu.V., Tutyunnik A.P., Maximova M.A. Synthesis and comparative photocatalytic activity of CuO layers on SiO<sub>2</sub> substrates // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. – 2020. - Vol. 11, No. 5. – P. 601–607.
9. Волков И.В., Поляков Е.В. Взаимодействие гуминовых кислот с микроэлементами радионуклидами в сорбционных системах // *Радиохимия*. – 2020. – Т. 62, № 2. – С. 93–113.
10. Accumulation of Trace Elements in the Marsh Frog *Pelophylax ridibundus* in Cooling Ponds of the Middle Urals / M. Y. Chebotina, V. P. Guseva, D. L. Berzin [et al.] // *Inland Water Biology*. – 2022. – Vol. 15, № 2. – P. 189-194. – DOI 10.1134/S1995082922020043.

Я, Поляков Евгений Валентинович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку, в том числе на размещение сведений на сайте ФГБУН Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН.

29.07.2024



/Е.В. Поляков/