



ISBN 978-5-7310-5690-8

ПЕТЕРБУРГСКАЯ АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА Альманах

Выпуск 1

Март 2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

ПЕТЕРБУРГСКАЯ АКАДЕМИЧЕСКАЯ НАУКА

Альманах

Выпуск 1
К 30-летию Российской академии наук

1991–2021

*Под общей редакцией
академика РАН В.А. Румянцева,
доктора биологических наук М.И. Орловой*

ИЗДАТЕЛЬСТВО
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2022

ББК 94.39

Петербургская академическая наука : альманах. Выпуск 1. К 30-летию Российской академии наук, 1991–2021 / под общей редакцией академика РАН В.А. Румянцева, д.б.н. М.И. Орловой. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2022. –313 с.

ISBN 978-5-7310-5690-8

В первом выпуске Альманаха представлен аналитический обзор развития науки в России с 1991 по 2021 год и приводятся результаты научной деятельности нескольких институтов РАН Санкт-Петербурга в этот же период времени. В последующих выпусках найдут отражение новейшие достижения научных коллективов Санкт-Петербурга, включая СПбНЦ РАН.

Альманах адресован широкому кругу научных работников.

The first issue of the Almanac presents an analytical review of the development of science in Russia during 1991–2021 and the results of scientific activities of some institutes of the Russian Academy of Sciences in St. Petersburg in the same period of time. Following issues will reflect the latest achievements of St. Petersburg scientific communities, including the St. Petersburg Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.

The Almanac is addressed to a wide range of scientists.

*Выпуск рекомендован к изданию решением Учёного совета СПбНЦ РАН,
Протокол №2 от 22.02.2022*

ББК 94.39

Редакционный совет: д.б.н., академик РАН В.А. Румянцев (председатель), д.г.-м.н., член-корр. РАН В.Д. Каминский, д.г.-м.н., член-корр. РАН А.Б. Кузнецов, д.г.-м.н., член-корр. РАН В.Г. Румынин, д.т.н., проф. А.А. Родионов

Редакционная коллегия: д.б.н. М.И. Орлова (главный редактор), д.б.н. В.Е. Цыганов (ответственный секретарь), к.т.н., проф. В.П. Говорухин, к.и.н. Е.А. Иванова, Н.Н. Ильина, к.т.н. К.М. Кляус, Л.Г. Николаева, О.Д. Пожарская

ISBN 978-5-7310-5690-8

© Санкт-Петербургский научный центр РАН, 2022

© Коллектив авторов, 2022

© Издательство СПбГЭУ, 2022

2.5. ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ

Санкт-Петербургское отделение ИГЭ РАН: научные результаты и прикладные исследования

В.Г. Румынин

Институт геоэкологии РАН был создан в 1996 г. на базе Инженерно-геологического и геоэкологического научного центра и Научно-инженерного и координационного сейсмологического центра РАН в Москве. Одновременно, согласно постановлению Президиума РАН от 21.05.1996 г. №95, Комплексная лаборатория гидрогеологии и природосберегающих технологий РАН и Госкомвуза РФ, находящаяся в Санкт-Петербурге, была преобразована в Санкт-Петербургское отделение ИГЭ РАН, которому, как организации двойного подчинения, было выделено помещение в Санкт-Петербургском Государственном университете, где оно и располагается поныне.

Основным направлением деятельности Отделения, ведущего свою историю от гидрогеологической школы Ленинградского горного института, традиционно является инженерная гидрогеология и гидрогеоэкология, а именно – разработка и внедрение наукоемких полевых и расчетных технологий изучения и прогноза воздействия на подземные воды промышленных объектов, – воздействия, связанного в первую очередь, с процессами миграции загрязняющих веществ в подземной гидросфере. Одним из основоположников этого направления был организатор и первый директор Отделения член-корр. РАН В.А. Мироненко (1935–2000 гг.). Под его руководством получили развитие теоретические основы геофильтрации и миграции подземных вод, методы полевых опытных работ и наблюдений, и одновременно выполнялся обширный комплекс прикладных исследований на участках загрязнения подземных вод в различных регионах бывшего СССР [1].

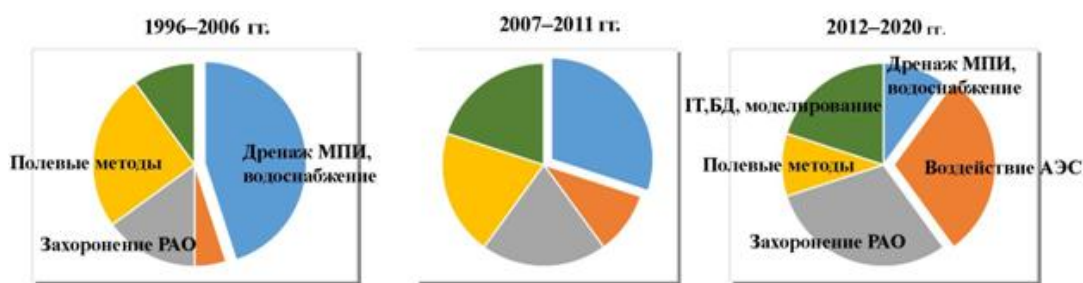
В последние десятилетия тематика исследований Отделения, возглавляемого с 2000 г. член-корр. РАН В.Г. Румыниным, существенно расширилась. Это связано с формирующимся запросом на комплексность в изучении влияния промышленных предприятий на окружающую среду и прежде всего коснулось объектов использования атомной энергии как приоритетного направления работ СПбО ИГЭ РАН. Соответственно, в проблематику исследований Отделения вошли оценка и прогноз состояния поверхностных вод, почв и атмосферы. Значительно расширился арсенал методов и инструментов исследований, которые включают специализированные гидрогеологические, изотопные, гидрологические, гидробиологические методы, при традиционно ведущей роли математического и численного моделирования природных и техногенных процессов в их современном преломлении.

В работе Отделения тесно сочетаются фундаментальные, прикладные исследования и изыскательская деятельность, причем именно последняя является базисом для научных разработок, источником опыта и фактического материала, а также основой финансового обеспечения существования коллектива.

Фундаментальные исследования выполняются преимущественно в рамках программы фундаментальных исследований РАН и нацелены на развитие теоретических представлений об условиях, процессах и параметрах фильтрации и миграции подземных вод в гетерогенных средах с упором на масштабные эффекты. Исследованы процессы, сопровождающие радионуклидный транспорт, миграцию жидких органических загрязнителей и рассолов, такие как сорбционный гистерезис, плотностная конвекция, двухфазная фильтрация. Научные разработки нашли отражение, помимо статей в периодической печати, в нескольких монографиях [2–5].

Прикладные исследования и изыскательские работы выполняются в рамках хозяйственных тем, заказчиками которых в разные годы выступали крупные предприятия ГК Росатом (НО РАО, РосРАО, Росэнергоатом, Атомпроект, Атомстройэкспорт, ВНИПИпромтехнологии, НИТИ им. А.П. Александра, ФЭО, Оргэнергострой), академические институты и НИИ (ИБРАЭ, Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, ИФХЭ РАН, ИГЕМ РАН), изыскательские, геологоразведочные и горнодобывающие предприятия (Уралкалий, Североалмаз, Алроса, Полиметалл, Красноярскгеология), а также зарубежные компании (BGR, GRS, DBE (Германия), SCK/CEN (Бельгия), Repsol YPF (Аргентина), TIGSA, INFRAECO (Испания) и др.).

Динамика приоритетов прикладных работ за историю существования Отделения схематически показана на рисунке ниже. Остановимся кратко на наиболее значимых научно-методических результатах выполненных за последние годы проектов по основным направлениям работ (Рис. 1).



Виды работ: ■ – дренаж на месторождениях полезных ископаемых и водоснабжение; ■ – оценка воздействия АЭС, гидробиологические исследования; ■ – изоляция РАО в геологических формациях; ■ – полевые методы исследований; ■ – ИТ, базы данных, математическое моделирование.

Рис. 1. Приоритетные направления прикладных и изыскательских работ СПБО ИГЭ РАН

1. Основным направлением исследований Отделения в течение последних десятилетий было *Инженерно-геологическое обеспечение строительства АЭС и*

прогноз воздействия АЭС на поверхностные и подземные воды, оценка ущерба водным биоресурсам. Объектами исследований стали около 10 строящихся и эксплуатируемых атомных станций в России и за рубежом, на которых был выполнен широкий комплекс работ (табл. 1), в результате чего была разработана и апробирована технология комплексной оценки, прогноза и мониторинга состояния водных экосистем и подземных вод в зоне влияния атомно-промышленных предприятий, которая включает: (1) выбор гидробиологических, гидрохимических и радиохимических индикаторов состояния среды в зоне влияния АЭС; (2) построение карт защищенности природных объектов с использованием дистанционных и изотопных методов; (3) моделирование теплового и химического баланса водных объектов в зоне сбросов технологических вод; (4) моделирование переноса радионуклидов поверхностным стоком и в подземных водах при нормальном режиме и запроектных авариях на АЭС [6–9].

2. Другим активно развивающимся и наиболее перспективным сейчас направлением деятельности СПбО ИГЭ РАН является *Обоснование долговременной безопасности объектов хранения и окончательной изоляции радиоактивных отходов (РАО).*

В 1990–2000-х гг. Отделением проводились исследования по изучению воздействия на подземные воды жидких радиоактивных отходов ядерно-промышленных предприятий – ПО «Маяк» и Сибирского химического комбината (СХК). Проектирование окончательной изоляции твердых РАО в геологических формациях выполнялось для двух геологических объектов в Российской Федерации: вендских глин на участке Северо-Западного атомно-промышленного комплекса (СЗАПК) в Сосновоборском районе Ленинградской области и скальных пород Нижнеканского массива в Красноярском крае (табл. 2).

На основе теоретических, экспериментальных и полевых исследований СПбО ИГЭ РАН была доказана возможность создания пункта захоронения радиоактивных отходов в глинистых формациях Северо-Запада Российской Федерации [10].

Таблица 1. Направления и объекты исследований по изучению воздействия АЭС на природные воды

АЭС	Виды исследований							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Российские АЭС								
Балтийская	•	•	•			•	•	
Белоярская	•	•	•			•	•	
Ленинградская	•	•	•	•	•	•		
Нововоронежская	•			•	•		•	
Смоленская					•			•
Зарубежные АЭС								
Бушер-2 (Иран)		•		•	•		•	
Пакш-2 (Венгрия)			•	•	•		•	
Эль-Дабаа (Египет)			•					
АЭС в Узбекистане							•	
Фукусима (Япония)								•
<p>Виды работ:</p> <p>1 – оценка состояния поверхностных вод по радиологическим, гидрохимическим и гидробиологическим показателям;</p> <p>2 – оценка состояния подземных вод по радиологическим и гидрохимическим показателям;</p> <p>3 – анализ и прогноз воздействия АЭС на водоемы-охладители;</p> <p>4 – прогноз гидродинамического воздействия АЭС на подземные воды;</p> <p>5 – прогноз радиологического и гидрохимического воздействия АЭС на подземные воды;</p> <p>6 – оценка ущерба водным биоресурсам;</p> <p>7 – анализ воздействия АЭС на природные среды при эксплуатации и авариях,</p> <p>8 – термодинамическое моделирование сорбционных процессов и устойчивости кориума</p>								

Для пункта глубинного захоронения радиоактивных отходов (ПГЗРО) в Красноярском крае проведены водно-балансовые и метеорологические наблюдения, опытное изучение параметров геологической среды [11]. Рассмотрены геолого-структурные и гидродинамические факторы, способные оказать влияние на процессы геомиграции радионуклидов в трещиноватых породах при выполнении и невыполнении предпосылки сплошности среды. Разработаны и внедрены частные модели миграции радионуклидов в трещиноватых гнейсах. Проведено моделирование

термодинамических процессов, возникающих в проектируемых инженерных барьерах пункта окончательной изоляции РАО в условиях интенсивной газогенерации [12].

Таблица 2. Направления и объекты исследований по изучению радиационного воздействия на подземные воды и обоснованию долговременной безопасности захоронения РАО

Объекты	Виды исследований				
	1	2	3	4	5
ПО «Маяк» (Челябинская обл.)	•		•		•
АО «СХК» (Томская обл.)			•	•	
СЗАПК (Сосновый Бор, Ленинградская обл.)	•	•	•	•	•
ПГЗРО (Красноярский Край)		•	•	•	•
Виды работ: 1 – оценка состояния подземных вод по радиологическим и гидрохимическим показателям; 2 – изыскания (полевые опытные опробования и мониторинг); 3 – лабораторное изучение физико-механических и сорбционных свойств геологической среды; 4 – термодинамическое моделирование сорбционных процессов; 5 – прогноз радиологического и гидрохимического воздействия объекта на подземные воды					

В рамках проблемы обоснования долговременной безопасности объектов хранения низко- и среднеактивных РАО была выполнена работа «Комплексный анализ территорий Приволжского и Южного федеральных округов и Мурманской области для выбора участков размещения пунктов захоронения РАО 3 и 4 классов», которая потребовала серьезных методических разработок, сбора и анализа значительного объема разнородной информации, во многом не геологического характера. В рамках разработанного подхода было выбрано несколько площадок, пригодных для изоляции РАО.

3. *Гидрогеологическое сопровождение горных работ* традиционно занимает существенное место в деятельности Отделения и направлено на обоснование систем защиты от обводнения горных выработок и решение инженерно-геологических проблем освоения месторождений полезных ископаемых на Кольском полуострове, в Архангельской области, Якутии, Дальнем Востоке. В последние годы серия договорных работ была связана с прогнозом развития гидродинамических и гидрохимических процессов при затоплении рудников на Верхнекамском

месторождении калийных солей, для чего была создана система геофильтрационных моделей и проведен комплекс полевых исследований влагопереноса в зоне аэрации.

4. *Изучение формирования ресурсов, разведка и расчет запасов пресных и минерализованных подземных вод* с использованием полевых гидрогеологических, изотопных и геофизических методов исследований выполнялось во многих районах и перспективных участках Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Архангельской области, Карелии, республики Татарстан, провинции Альмерия (Испания). По результатам многолетних работ в Северо-Западном регионе РФ была издана монография [13].

5. Постоянное и все возрастающее внимание в деятельности Отделения уделяется развитию *методов математического моделирования и информационных технологий*. Помимо освоения современных специализированных программных средств и расчетных методик, специалистами разрабатываются собственные программные продукты, многие из которых прошли государственную сертификацию и востребованы профессиональным сообществом для решения гидрогеологических задач. Прежде всего, это семейство гидрогеологических программ ANSDIMAT для определения фильтрационных параметров водоносных пластов, оценки запасов и расчета зон санитарной охраны подземных водозаборов, расчета водопритоков подземных вод в котлованы при строительстве зданий и сооружений и др. Программа имеет свой сайт <http://ansdimat.com/> и всесторонне описана в монографиях: «Гидрогеологические расчеты с использованием программы ANSDIMAT», «Aquifer Test Solutions. A Practitioner's Guide with Algorithms Using ANSDIMAT» (автор Синдаловский Л.Н.) [14, 15].

С 2004 г. в Отделении начал осуществляться инициативный проект по созданию электронной библиотеки гидрогеологической литературы, который, постоянно развиваясь, перерос в Базу знаний по гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии – универсальный программный продукт для специалистов, чьи интересы сопряжены с этими областями наук о Земле [16]. База знаний состоит из нескольких модулей: библиотеки (содержащей около 900 полнотекстовых копий книг, объединенных в единую поисковую систему), численно-аналитического модуля для выполнения инженерных расчетов, картографической системы, нормативно-методического блока, экспертной системы по фильтрационным и водно-физическим свойствам пород, набора словарей, реферативно-справочных обзоров. В настоящее время База знаний внедрена более чем в 500 учебных, научных и производственных организациях Российской Федерации.

Дальнейшие перспективы своего развития СПбО ИГЭ РАН видит в углублении прикладных исследований как основы для фундаментальных научных разработок в области геоэкологии крупных природно-технических систем и прогнозирования их влияния на природные среды. В этой связи, наиболее актуальным в настоящее время

представляется получение первичной полевой информации с привлечением современных инструментальных методов опытного опробования и мониторинга водоносных горизонтов и пород зоны аэрации. Реализация этих исследований связана с привлечением лабораторий, оборудованных высокоточными приборами для изучения свойств пород и состава вод (физико-механических, гидрофизических, сорбционных, изотопных и др.). Таким полигоном для комплексного изучения гидрогеологии массива гнейсовых пород является полигон, созданный на участке «Енисейский» строительства пункта глубинного захоронения высоко- и среднеактивных РАО в районе г. Красноярск.

Литература

1. *Мироненко В.А., Румынин В.Г.* Проблемы гидрогеоэкологии (три тома в 4-х книгах). М.: Изд-во МГГУ, 1998. 1870 с.
2. *Румынин В.Г.* Геомиграционные модели в гидрогеологии. СПб: Наука, 2011. 1160 с.
3. *Rumynin V.G.* Subsurface solute transport models and case histories. With application to radionuclide migration/ Theory and Applications of Transport in Porous Media. Vol. 25: Springer Netherlands, 2011. 860 p.
4. *Rumynin V.G.* Overland flow dynamics and solute transport/ Theory and Applications of Transport in Porous Media. Vol. 26: Springer Nature, 2015. 287 p.
5. Оценка влияния атомно-промышленного комплекса на подземные воды и смежные природные объекты (г. Сосновый Бор Ленинградской области) / Под ред. В.Г. Румынина. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2003. 208 с.
6. *Румынин В.Г.* и др. Прогноз воздействия АЭС на радиоактивность поверхностных и подземных вод// Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2020. № 3. С. 99-117.
7. *Nikulenkov A.M. a.o.* Assessment of Allowable Thermal Load for a River Reservoir Subject to Multi-Source Thermal Discharge from Operating and Designed Beloyarsk NPP Units (South Ural, Russian Federation). Environmental Modeling and Assessment. 2017.
8. *Kaplan E.M. a.o.* Transboundary aspect of assessing the impact of NPPs under construction on aquatic ecosystems: Case study of the Baltiiskaya NPP// Water Resources. 2016. V. 4. N 7. P. 911-922.
9. *Kulakov D.V. a.o.* Influence of heated waters discharge on zooplankton of various cooling ponds of nuclear power stations// Hydrobiological Journal. 2018. V.54. N 3. P. 60-74.
10. *V.G. Rumynin, A.M. Nikulenkov, V.A. Erzova.* History of the study of physical, mechanical, flow, and solute transfer properties of the vendian (Kothlin) clay as a medium

for the LLRW disposal sit. International Conference on Geological Barrier System. Hannover, 2020.

11. *Иноземцев С.А.* и др. Гидролого-гидрогеологическое обоснование безопасности создания ПГЗРО (участок «Енисейский» Красноярского края). Четвертые виноградовские чтения. Гидрология от познания к мировоззрению сборник докладов международной научной конференции. Санкт-Петербургский государственный университет. СПб., 2020.

12. *Rozov K.B. a.o.* Sorption of ^{137}Cs , ^{90}Sr , Se , ^{99}Tc , $^{152(154)}\text{Eu}$, $^{239(240)}\text{Pu}$ on fractured rocks of the Yeniseysky site (Nizhne-Kansky massif, Krasnoyarsk region, Russia) // Journal of Environmental Radioactivity. 2018. V. 192. P. 513-523.

13. Редкие типы минеральных вод Среднерусского артезианского бассейна / Под ред. А.И. Короткова, А.А. Потапова, В.Г. Румынина. СПб.: Наука, 2013. 303 с.

14. *Sindalovskiy L.N.* Aquifer test solutions. A practitioner's guide with algorithms using ANSDIMAT. Springer Nature, 2017. 392 p.

15. *Синдаловский Л.Н.* Гидрогеологические расчеты с использованием программы ANSDIMAT. СПб.: Наука, 2021. 891 с.

16. *Румынин В.Г.* Информационный проект: Гидрогеология, инженерная геология и геоэкология (База знаний)// Разведка и охрана недр. 2008. № 2. С. 65-67.