«ОДОБРЕНО»

Ученым советом ИГЕМ РАН
Протокол № 7 от 12.10.2016 г.
Председатель Ученого совета
д.г.-м.н., К.В. Лобанов

«УТВЕРЖДАЮ»

директор ИГЕМ РАН
д.г.-м.н., К.В. Лобанов
«12» октября 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): Консервирующие матрицы для радиоактивных отходов.
2. Уровень высшего образования: подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки: 05.06.01 Науки о земле. Направленность (профиль) программы: 25.00.36 Геоэкология.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры: 1.В.3 - вариативная часть.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код компетенции по ФГОС	Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПК-1	Владение современной методологией теоретических и экспериментальных научных исследований в соответствии с направленностью (профилем) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий; представлять полученные результаты на научных конференциях и публиковать результаты научных исследований в ведущих отечественных и зарубежных профильных журналах	ЗНАТЬ: основы современных аналитических методов и технологий научных исследований по направленности (профилю) программы; основные информационно-коммуникационные технологии, З(ПК-1)-I; современное состояние науки в области направленности (профиля) программы, З(ПК-1)-II; УМЕТЬ: сопоставлять результаты, полученные разными аналитическими методами исследований; использовать современные информационно- коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности, У(ПК-1)-I; разрабатывать и совершенствовать методики экспериментальных исследований по направленности (профилю) программы, У(ПК-1)-II; ВЛАДЕТЬ: навыками анализа, обобщения и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности с применением современных компьютерных и информационных технологий, В(ПК-1)-II

ПК-2	Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской деятельности; получение новых и актуальных научных результатов, выдвижение и обоснование новых гипотез в соответствии с направленностью (профилем) программы	ЗНАТЬ: историю становления и развития основных научных школ, полемику и взаимодействие между ними; общие закономерности развития наук о Земле и современное состояние научных исследований по направленности (профилю) программы, З(ПК-2)-I; УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах в области наук о Земле; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника, У(ПК-2)-I; ВЛАДЕТЬ: навыками сбора, обработки, интерпретации и презентации данных по теме исследования; навыками критического анализа и оценки современных научных достижений по решению исследовательских и практических задач в соответствии с направленностью (профилем) программы, В(ПК-2)-I;
ПК-3	Способность обобщать и использовать результаты исследований для выявления новых явлений, закономерностей, гипотез и теоретических положений в области направленности (профиля) программы	ЗНАТЬ: современные результаты отечественных и зарубежных исследований, гипотезы и научные теории, пути решения практических задач по направленности (профилю) программы, З(ПК-3)-I; УМЕТЬ: использовать опубликованные результаты современных исследований для совершенствования методов развития научных знаний, У(ПК-3)-I; ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных прецизионных методов исследования для решения поставленных научных задач, В(ПК-3)-I

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных единиц, всего 216 академических часов, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (12 часа занятий лекционного типа) и 180 часов составляет самостоятельная работа аспиранта (выполнение домашних заданий и написание реферата).

7. Входящие требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

ЗНАТЬ: основные типы консервирующих матриц, их свойства и методы изготовления;

УМЕТЬ: использовать результаты современных исследований для анализа устойчивости консервирующих матриц;

ВЛАДЕТЬ: методами исследования структурных характеристик и свойств матриц.

8. Образовательные технологии: классические лекционные технологии.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и вида учебных занятий:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Л	С	ГК	ИК	ТК	Всего	ДЗ	П	Всего
МУЛЬТИБАРЬЕРНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ РАО И ЗНАЧЕНИЕ КОНСЕРВИРУЮЩИХ МАТРИЦ	30	2	4				6	24		24
МЕХАНИЗМЫ ДЕГРАДАЦИИ МАТРИЦ	30	2	4				6	24		24
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСЕРВИРУЮЩИХ МАТРИЦ	162	6	12				18	72	24	96
ТИПЫ МАТРИЦ И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. КРИТЕРИИ ВЫБОРА МАТРИЦ	42	2	4				6	24	12	36
Промежуточная аттестация, зачет										
Итого:	**216**	12	24				36	144	36	180

Л - занятия лекционного типа; С - занятия семинарского типа; ГК - групповые консультации; ИК - индивидуальные консультации; ТК - учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др); ДЗ - выполнение домашних заданий; П - подготовка рефератов и тп.

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов: файлы презентаций лекций, основная, дополнительная и учебная литература (см. п. 11).

11. Ресурсное обеспечение:

Основная литература:

1. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Омельяненко Б.И. и др. Изоляция отработавших ядерных материалов: геолого-геохимические основы. М.: ИГЕМ РАН; ИФЗ РАН, 2008. 280 с.

Дополнительная литература:

1. Дмитриев С.А., Стефановский С.В. Обращение с радиоактивными отходами. М.: Изд. Центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. 125 с.
2. Граменицкий Е.Н., Котельников А.Р., Батанова А.М. и др. Экспериментальная и техническая петрография. М.: Научный мир, 2000. 415 с.
3. Грицаенко Г.С., Звягин Б.Б., Боярская Р.В. и др. Методы электронной микроскопии минералов. М.: Наука, 1969. 311 с.
4. Scientific Basis for Nuclear Waste Management XX / Ed. by Gray W.J., Triay I.R. Pittsburgh: Materials Research Society. 1996. 1362 p.

Рекомендуемые периодические издания:

1. Геоэкология: Инженерная геология, гидрогеология, геокриология (Изд. МАИК «Наука»)
2. Геология рудных месторождений (Изд. МАИК «Наука»)
3. Вопросы радиационной безопасности (НПО «Маяк»).
4. Environmental Science and Technology (American Chemical Society)
5. Journal of Nuclear Materials (Elsevier B.V.).

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: Базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из внутренней сети ИГЕМ РАН: elibrary.ru с доступом к электронному каталогу и базам данных из сети Интернет, с индивидуальными параметрами входа обучающегося; Электронная информационно-образовательная среда ИГЕМ РАН.

Описание материально технической базы: Необходимый аудиторный фонд предоставлен аудиторией ИГЕМ РАН, оснащенной необходимым компьютером, проектором и экраном для проведения лекционных занятий.

12. Язык преподавания: русский.

13. Преподаватель: член-корр. РАН, С.В. Юдинцев

ПРИЛОЖЕНИЕ

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) «Консервирующие матрицы для радиоактивных отходов»

Итоговый контроль: реферат, зачет с оценкой.

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Консервирующие матрицы для радиоактивных отходов» на основе карт компетенции выпускников

Результат обучения	**Критерии и показатели оценивания результата обучения**					**Оценочные средства**
по дисциплине (модулю)	по дисциплине (модулю), баллы					
	1	2	3	4	5	
Знать основы современных аналитических методов и технологий научных исследований по направленности (профилю) программы; основные информационно-коммуникационные технологии, З(ПК-1)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Знать современное состояние науки в области направленности (профиля) программы,З(ПК-1)-II	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Уметь сопоставлять результаты, полученные разными аналитическими методами исследований; использовать современные информационно- коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности, У(ПК-1)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Уметь разрабатывать и совершенствовать методики экспериментальных исследований по направленности (профилю) программы, У(ПК-1)-II	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Владеть навыками анализа, обобщения и систематизации результатов научно-исследовательской деятельности с применением современных компьютерных и информационных технологий, В(ПК-1)-II	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Знать историю становления и развития основных научных школ, полемику и взаимодействие между ними; общие закономерности развития наук о Земле и современное состояние научных исследований по направленности (профилю) программы, З(ПК-2)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование

Уметь выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах в области наук о Земле; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника, У(ПК-2)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Владеть навыками сбора, обработки, интерпретации и презентации данных по теме исследования; навыками критического анализа и оценки современных научных достижений по решению исследовательских и практических задач в соответствии с направленностью (профилем) программы, В(ПК-2)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Знать современные результаты отечественных и зарубежных исследований, гипотезы и научные теории, пути решения практических задач по направленности (профилю) программы, З(ПК-3)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Уметь использовать опубликованные результаты современных исследований для совершенствования методов развития научных знаний, У(ПК-3)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование
Владеть навыками использования современных прецизионных методов исследования для решения поставленных научных задач, В(ПК-3)-I	0	1-29	30-59	60-89	90-100	Собеседование

В ходе проведения собеседования, результат освоения компетенции оценивается по сто бальной шкале, согласно таблице освоения результатов. Аспирант получает допуск к зачету (промежуточная аттестации) и к экзамену (итоговая аттестация) если среднее количество баллов освоения компетенций более 30.

Характеристика балльной системы:

Показатели уровня сформированности компетенций знания, практические умения, опыт деятельности, которые должен получить и уметь продемонстрировать обучающийся после освоения дисциплины	**Баллы**
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию аспиранта. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные аспирантом самостоятельно в процессе ответа.	100-90
Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которые аспирант затрудняется исправить самостоятельно.	89-60
Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Аспирант не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Аспирант может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	59-30

Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Аспирант не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа аспиранта не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.	29-1
Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0

Реферат – продукт самостоятельной работы аспиранта, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Реферат состоит из 3-х частей:

1. введение (обоснование выбора темы, ее актуальность, основные цели и задачи исследования);
2. основная часть состоит из 2-3 параграфов, в которых раскрывается суть исследуемой проблемы, оценка существующих в литературе основных теоретических подходов к ее решению, изложение собственного взгляда на проблему и пути ее решения и т.д.;
3. заключение (краткая формулировка основных видов и результатов, полученных в ходе исследования).

Объем работы 25-30 страниц (формат А4) печатного текста (шрифт 12, Times New Roman, через 1,5 интервала, поля: верхнее и нижнее – 2 см, левое – 2,5 см, правое – 1,5 см.). Текст может быть иллюстрирован таблицами, графиками, диаграммами, причем наиболее ценными из них являются те, что самостоятельно составлены автором. Громоздкие иллюстративные материалы должны даваться в составе приложения (Объем приложений не ограничивается, но в общий объем работы не засчитывается).

Необходимой частью реферата является список литературы, использованной в ходе работы над выбранной темой. Список составляется в соответствии с правилами библиографического описания.

Реферат представляется на рецензирование в печатном и электронном виде. Реферат рецензируется преподавателем дисциплины (модуля).

Оценка реферата – дифференцированная в зависимости от степени соответствия реферата установленным критериям (см. ниже).

Критерии оценки реферата:

Характеристика балльной системы:

п.п.	Критерии	Показатель
1	Актуальность темы	
2	Имеется ли научная проблема в формулировке и постановке темы исследования	
3	Дан ли обзор научной литературы по теме (наличие ссылок на работы российских и зарубежных ученых)	
4	Наличие теоретической базы исследования	
5	Показана ли взаимосвязь теоретических аспектов темы с российской (международной) практикой	
6	Имеется ли статистическая информация по теме, самостоятельно обобщенная автором (таблицы, графики, расчеты и др.)	
7	Насколько развернуто и полно представлена библиография по теме	
8	Присутствуют ли собственные оценки, позиция автора по аспектам исследования	

Показатели: 0 баллов – полное отсутствие критерия; 1 балл – частичное выполнение критерия; 2 балла – полное выполнение критерия.

Реферат считается принятым при количестве баллов более 7. Оценка «отлично» присуждается при количестве баллов от 14 до 16; оценка «хорошо» – при количестве баллов от 11 до 13; оценка «удолетворительн» – при количестве баллов от 8 до 10, включительно.

Если по теме дисциплины (модуля) у аспиранта имеется опубликованная/принятая в печать научная публикация в периодических журналах списка ВАК и (одновременно) базы данных Web of Science, то, при предъявлении оригинала публикации, аспирант освобождается от написания реферата и ему присуждается оценка «отлично».

Примеры вопросов к промежуточному контролю (темы рефератов, вопросы для индивидуального собеседования):

1. Способы обращения с радиоактивными отходами
2. Мультибарьерная концепция изоляции высокорадиоактивных отходов. Значение консервирующих матриц.
3. Деградация матриц за счет выщелачивания подземными водами. Вторичные минералы. Первичные коллоиды
4. Факторы радиогенной деградации матриц (нагрев, упругие соударения $\alpha-$ и $\beta-$ частиц с атомами матрицы,
5. Трансмутация родительских радионуклидов
6. Эксперименты по выщелачиванию матриц. Конгруэнтность выщелачивания.
7. Использование нерадиоактивных геохимических аналогов в опытах с матрицами
8. Экспериментальное исследование радиогенной деградации. Эквивалентная доза.
9. Матрицы на основе алюмофосфатных стекол и их свойства
10. Матрицы на основе боросиликатных стекол, их свойства и опыт использования
11. Матрицы на основе алюмосиликатных стекол и их свойства
12. История создания матриц типа СИНРОК и их назначение
13. Методы изготовления кристаллических матриц.
14. Современные кристаллические матрицы
15. Стеклокристаллические матрицы
16. Облученное ядерное топливо как матрица-консервант.
17. Критерии выбора матриц-консервантов

ПРОГРАММА

дисциплины (модуля) «Консервирующие матрицы для радиоактивных отходов»

Раздел 1. Мультибарьерная концепция изоляции РАО и значение консервирующих матриц

1. Типы РАО и стратегии обращения с ними. Устойчивое развитие атомной энергетики и проблема РАО. Типы РАО и различные способы обращения с ними
2. История обращения с РАО. Требования МАГАТЭ к изоляции высокорадиоактивных отходов от биосферы. Концепция мультибарьерной изоляции. Инженерные барьеры и значение консервирующих матриц для безопасного захоронения РАО

Раздел 2. Механизмы деградации матриц

1. Процесс химического выщелачивания
   1.1. Взаимодействие с подземными водами. Кинетические реакции и равновесные концентрации
   1.2. Образование вторичных минералов
   1.3. Формирование первичных коллоидов
2. Влияние радиоактивного распада на свойства матриц
   2.1. Нагревание
   2.2. Упругие соударения $\alpha-$ и $\beta-$ частиц с атомами матрицы. Дефекты Френкеля
   2.3. Ионизация, обусловленная $\gamma-$ излучением, $\alpha-$ и $\beta-$ частицами
   2.4. Трансмутация родительских радионуклидов

Раздел 3. Методы исследования консервирующих матриц

1. Эксперименты по выщелачиванию матриц
   1.1. Зависимость скорости выщелачивания от температуры. Конгруэнтное выщелачивание
   1.2. Образование вторичных минералов. Осаждение и со-осаждение
2. Опыты по радиогенной деградации матриц
   2.1. Использование нерадиоактивных геохимических аналогов – имитаторов
   2.2. Эквивалентная доза облучения
3. Методы исследования структуры и строения матриц
   3.1. Методы электронной микроскопии
   3.2. Методы Оже-спектроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии

Раздел 4. Основные характеристики матриц. Типы матриц

1. Матрицы на основе стекол
   1.1. Алюмофосфатные стекла. Метод изготовления. Устойчивость к взаимодействию с подземными водами. Способность к кристаллизации. Зависимость скорости выщелачивания от температуры. Радиогенная деградация
   1.2. Боросиликатные стекла. Метод изготовления. Устойчивость к взаимодействию с подземными водами. Радиогенная деградация. Опыт применения
   1.3. Алюмосиликатные стекла. Метод изготовления. Высокая вязкость и высокая температура плавления. Механизм формирования защитных пленок
2. Кристаллические матрицы типа СИНРОК
   2.1. История создания матрицы на основе керамики СИНРОК. Назначение матрицы.

2.2. Методы изготовления кристаллических матриц. Горячее и холодное прессование. Индукционное плавление в холодном тигле. Устойчивость кристаллических матриц к взаимодействию с подземными водами и радиации

2.3. Перспективные типы кристаллических матриц. Матрицы на основе ферритов со структурой граната и титанатов со структурой пирохлора и муратаита. Методы изготовления и устойчивость к взаимодействию с водами и радиации

2.4. Стеклокристаллические матрицы

3. Облученное ядерное топливо как матрица-консервант
4. Матрицы для изоляции средне-активных отходов (цемент, битум)

Раздел 5. Критерии выбора матриц

1. Состав радионуклидов
2. Требования к емкости
3. Требования к устойчивости по отношению к радиогенной деградации и химическому взаимодействию с подземными водами
4. Оптимальные технологии изготовления матриц