

# Опыт работ ИБРАЭ РАН по проблемам РАО

## 1. Анализ состояния экологической безопасности отдельных объектов

### 1.1 Чернобыльская проблема

В 1998-2008 гг. специалисты ИБРАЭ РАН принимали участие в работах по объекту «Укрытие», в том числе по:

- оценке радиологических последствий аварии, связанной с обрушением кровельных конструкций объекта «Укрытие»;
- разработке базы данных по топливу содержащим материалам объекта «Укрытие»;
- разработке программы мониторинга поведения топливосодержащих материалов на объекте «Укрытие», анализу возможных механизмов изменения и разрушения материалов, содержащих аварийное ядерное топливо;
- научному сопровождению ввода в эксплуатацию модифицированной системы пылеподавления на объекте «Укрытие»;
- обобщению и анализу данных о микро структуре лавообразных ТСМ объекта «Укрытие» и др.

В 1999-2002 в рамках Франко-Германской инициативы (Проект №2 «Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии») выполнялись работы по инвентаризации всех мест складирования, временного и постоянного хранения радиоактивных отходов, образованных в период ликвидации последствий аварии на ЧАЭС на территориях Белоруссии, России и Украины.

### 1.2 ПО «МАЯК»

Проблемы «ПО «Маяк» занимают центральное место в ядерном наследии России – 90 % объема всех накопленных ЖРО, 30 % активности накопленных РАО, 94 % от всех загрязненных территорий, сотни больших и малых зданий, установок, могильников. Подобная «сосредоточенность», локализация большого количества сложных как с научной, так и с технической точки зрения проблем определяет специфику предприятия по вопросам экологической безопасности его деятельности.

ИБРАЭ РАН давно и успешно участвует в работах по решению накопленных проблем ПО «Маяк», сконцентрировав более чем за 15 лет значительный экспертный опыт и фактологический материал, позволяющий относиться к проблеме обращения с РАО на предприятии системно:

1. 1998 г. - проект Международного института прикладного системного анализа (IIASA) «Реабилитационные и защитные мероприятия, связанные с загрязнением реки Теча вследствие сбросов радиоактивных веществ ПО «Маяк (для проведения сравнительного анализа с ситуацией на реке Клинч, Ок-Ридж)».
2. 2003 г. – разработка «Комплексного плана мероприятий по решению экологических проблем, связанных с текущей и прошлой деятельностью ФГУП «ПО «Маяк». Одним из основных блоков «Комплексного плана...» стал раздел по оптимизации системы обращения с РАО на предприятии.
3. 2005 – 2007 гг. – формирование мероприятий ФЦП «ЯРБ» по ФГУП «ПО «Маяк». Предусмотрены мероприятия по консервации промышленных

водоемов-хранилищ РАО Карачай и Старое болото, комплекс НИР и ОКР по модернизации систем водопользования и обращения с РАО, а также комплекс работ по повышению безопасности Теченского каскада водоемов, включая разработку стратегического плана по общему решению проблемы.

4. 2008 – 2010 гг. – НИР «Разработка стратегических решений по проблемам Теченского каскада водоемов» (ФЦП ЯРБ).
5. 2008 г. – проект Федерального закона «О статусе и безопасном использовании территорий и объектов, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате деятельности производственного объединения «Маяк». Основной идеей законопроекта является установление комплексного специального правового регулирования отношений, связанных с обеспечением безопасного использования и охраны территорий и объектов, подвергшихся или могущих подвергнуться радиоактивному загрязнению в результате деятельности производственного объединения «Маяк», путем установления их особого статуса; регулирования особенностей и необходимых ограничений на землепользование, недропользование, водопользование и пользование иными природными ресурсами; определения условий и порядка осуществления хозяйственной деятельности.

### **1.3 Сбор и систематизация данных по объектам размещения РАО и технологиям переработки**

С 2006 года по настоящее время, в том числе в рамках ФЦП ЯРБ.

#### **1.4 КЧХК**

В 2009 г. ИБРАЭ РАН совместно с Кирово-Чепецким химкомбинатом планирует выполнить работы, направленные на систематизацию материалов ранее проведенных обследований радиационной обстановки в районе КЧХК:

- Сбор и анализ материалов ранее проведенных обследований состояния хранилищ РАО, остановленных, но не выведенных из эксплуатации объектов производства ГФУ и ТФУ, лития, загрязненных участков территории комбината; данных наблюдений за миграцией радионуклидов с поверхностным и подземным стоком на участке водосбора р.Вятка.
- Выделение приоритетных объектов и связанных с ними радиоэкологических и гигиенических угроз.
- Оценка степени достаточности имеющихся данных для исследований по оценке рисков.
- Разработка программы работ, направленных на оценку рисков.

## **2. Общесистемные работы**

### **2.1. Северо-запад России**

С 2004 г. ИБРАЭ РАН по инициативе Росатома и ЕБРР вел разработку стратегического Мастер-плана комплексной утилизации объектов атомного флота на Северо-западе России. Разработанный стратегический Мастер-план (СМП) охватывает практически все выведенные из эксплуатации объекты атомного флота в этом регионе, как военного, так и гражданского назначения, с обслуживающей их инфраструктурой. СМП интегрирует все мероприятия, предусмотренные

программами Росатома, планами и программами других ведомств, а также дополнительные мероприятия, которые были разработаны в его собственных рамках. В отличие от большинства принятых ранее программ временной интервал планирования в СМП не ограничивается краткосрочными рамками (5-10 лет), а определяется периодом, необходимым для достижения конечных стратегических целей утилизации и реабилитации всех объектов (до 2025 г.).

Необходимыми исходными материалами для разработки стратегического Мастер-плана явились результаты работ по обоснованию стратегии обращения с ОЯТ и РАО при выводе из эксплуатации объектов атомного флота, выполнявшиеся ИБРАЭ РАН совместно со специалистами РНЦ КИ и НИКИЭТ.

## **2.2. Разработка ФЦП ЯРБ**

В течение 2006-2007 гг. ИБРАЭ РАН осуществлял научно-техническое и информационное сопровождение рабочей группы (руководитель – А.М.Агапов) по разработке федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 и на период до 2015 года», в настоящее время осуществляет сопровождение работ по ее реализации.

## **2.3 ФЗ РАО**

В 2007 году межведомственной рабочей группой (руководитель – А.М.Агапов) с участием специалистов ИБРАЭ РАН была начата разработка проекта федерального закона «Об обращении с радиоактивными отходами». Его основной идеей является создание и законодательное закрепление механизмов функционирования Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами (ЕГС РАО), направленной на решение проблемы ядерного наследия и создания экологически безопасных и экономически обоснованных условий экологически безопасного обращения со вновь образующимися РАО, гарантирующих недопущение возникновения подобных проблем в будущем.

Законопроект устанавливает четкое разграничение прав, обязанностей, в том числе и финансовых, и ответственность всех субъектов системы обращения с РАО при сохранении конечной ответственности государства за обеспечение безопасности населения и охрану окружающей среды при обращении с РАО.

Законопроектом определены основные этапы создания Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами и механизмы запуска отдельных ее элементов.

Для обеспечения оптимального функционирования системы в законопроекте предлагается расширенная система категорирования РАО, что создает предпосылки для гибкого применения способов обращения с различными категориями РАО.

Законопроект прошел согласования с заинтересованными министерствами и ведомствами и находится на согласовании в Минфине России.

## **2.4 Дорожная карта ЕГС РАО**

С лета 2008 г. ИБРАЭ РАН координирует разработку Дорожной карты создания Единой государственной системы обращения с радиоактивными отходами (2008-2009 гг.) с учетом согласования проекта ФЗ «Об обращении с РАО». Работа по Дорожной карте явилась логическим продолжением деятельности

по разработке ФЗ РАО и предшествующих проработок (2004-2006 гг.). Целями создания данного документа являлись:

- оценка работоспособности проекта ФЗ РАО и определение необходимости его корректировки;
- выработка среднесрочного плана действий в рамках ЕГС РАО;
- углубленная проработка направлений и программ работ по созданию ЕГС РАО;
- определение приоритетных задач на краткосрочную перспективу.

Осенью 2008 г. были подготовлены:

- Дорожная карта;
- Обосновывающие материалы к Дорожной карте;
- План мероприятий по созданию Единой государственной системы обращения с РАО.

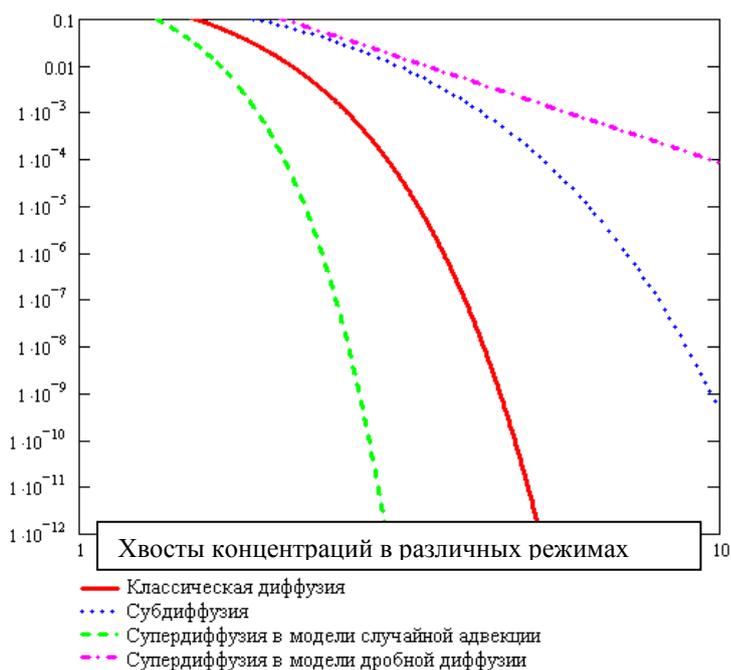
Доработка Дорожной карты будет завершена в апреле 2009 г.

### 3. Моделирование

#### Физические модели для оценки надежности захоронений РАО

Для проведения оценок надежности захоронений радиоактивных отходов в геологических средах требуется знание закономерностей переноса примеси в сильно неоднородных средах. Обширный массив данных наблюдений по процессам переноса, накопленный к настоящему времени, свидетельствует о том, что они далеко не всегда описываются классическими законами, и расхождение может составлять многие порядки. В связи с этим с 2001 г. в лаборатории теоретической физики ИБРАЭ РАН (руководитель – д.ф.-м.н. П.С.Кондратенко) ведутся исследования по разработке неклассических моделей переноса в сильно неоднородных средах.

Основные результаты, полученные к настоящему времени, состоят в следующем. Решены две задачи о переносе примеси в сильно контрастных средах: регулярно-неоднородной (задача Дыхне) и перколяционной. В обоих случаях существует продолжительный интервал времени, в котором реализуется режим субдиффузии. Проанализирована задача об адвекции примеси в случайном поле скоростей с дальнедействующими корреляциями. Установлено, что при определенных условиях перенос происходит в режиме супердиффузии. Во всех рассмотренных моделях убывание концентрации примеси на далеких расстояниях (в “хвостах”) имеет экспоненциальный характер. В супердиффузионном режиме убывание происходит быстрее, а в субдиффузионном – медленнее, чем по классическому (гауссовому) закону.



Проанализирована роль пространственных флуктуаций характеристик среды на малых расстояниях от источника примеси. Установлено, что фактор риска, входящий в критерий надежности захоронения отходов в геологической среде, ведет себя немонотонно в зависимости от площади контакта захоронения со средой.

### **Трехмерное моделирование распространения загрязнений из подземных хранилищ РАО**

Для прогноза миграции радионуклидов в окружающую среду. Для этих целей разработан программный комплекс, включающий построение расчетной сетки, создание фильтрационной модели и последующее моделирование распространения загрязнения, основанное на процессах адвекции, диффузии, адсорбции и радиораспада. Отличительными особенностями комплекса являются возможности учета сложной геометрии расчетных областей, неоднородностей коэффициентов проницаемости и диффузии.

Программный комплекс протестирован на прикладной задаче, разработанной французским агентством по ядерным отходам (ANDRA) совместно с группой ученых GDR MOMAS ([www.gdrmomas.org](http://www.gdrmomas.org)), исследующей вопросы безопасного захоронения РАО. Данные задачи соответствуют реальному хранилищу в районе г.Сент-Дизьер, Франция. Отходы захораниваются на глубине около 600 м, в геологических пластах с низкой проницаемостью. С течением времени диффузионные процессы приносят загрязнение в верхние пласты, где преобладает адвекция, и загрязненные воды выносятся на поверхность.

В процессе моделирования по заданной геометрии области и гидрогеологическим данным построена расчетная тетраэдральная сетка и региональная фильтрационная модель. В результате расчетов получен консервативный прогноз времени и места выхода на земную поверхность загрязненных подземных вод с заданным уровнем концентрации Йода 129. На рис.1 показана общая картина распределения гидравлического напора в расчетной области, характеризующая направление фильтрационных потоков. На рис.2 изображена изоповерхность концентрации загрязнений при достижении земной поверхности.

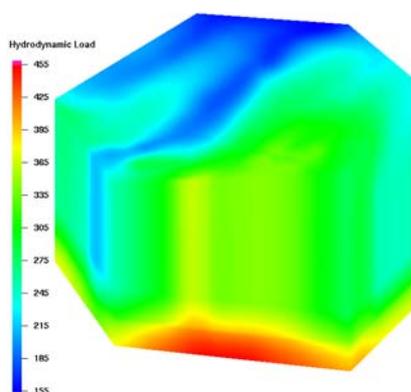


Рис.1. Распределение гидравлического напора в области

Рис.2. Изоповерхность концентрации йода-129 в области при достижении земной поверхности

