

АСПЕКТЫ ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.В. Комлева, Дортмундский технический университет, Германия

Аннотация: В сфере энергетики продолжено рассмотрение взаимосвязи нефтегазового бизнеса и международных проектов долговременного хранения ядерных материалов. Представлены российские варианты создания ядерных хранилищ и сопутствующих геологических оценок. В частности, для Северо-Запада России.

Международные обстоятельства и потребности

Комплексные, в сфере энергетики, интересы Германии на Севере Европы (прежде всего, - на европейском Севере России) сосредоточены, в основном, вокруг двух проблем: газ Штокмановского месторождения и долговременные хранилища ядерных материалов. В перспективе ядерное хранение имеет мотивацию трансформироваться в прямое захоронение. Эти интересы и проблемы определяют и соответствующие ракурсы, прежде всего, российско-германской интеллектуально-прагматической деятельности в регионе. Определенным благом для региона является то, что международную деятельность сейчас можно фокусировать через “оптику” важных исторических событий и тенденций.

Как уже отмечалось, попытка осмысления международными усилиями проблемы долговременного хранения ядерных материалов полезна в поле образа SAMPO ([1]; <http://www.vaasapages.com/pics/art/AkseliGallenKallela/ForgingTheSampo.JPG>). В контексте нераспространения. И не только теоретически. И в том смысле, чтобы сферы влияния ядерных и нефтегазовых объектов, крупных транспортных узлов в идеале территориально не перекрывались. Сопутствующая шельфовой, например, береговая инфраструктура при разработке Штокмана запланирована от Кольского залива до Териберки.

Ситуацию “подогревает” решение Б. Обамы через 22 года с начала строительства и после затрат в 9 миллиардов долларов (десятая часть общей сметной стоимости) прекратить реализацию вблизи полигона Невада проекта “путеводной звезды”, прототипа многих подобного рода строек – национального хранилища высокоактивных материалов Yucca Mountain. А также – появившиеся раньше в условиях глобализации мировой экономики идея и проекты интернационализации последней стадии обращения с ядерными отходами, их надежной изоляции от биосферы. Возникают конкретные вопросы “как?” и “где?” Особенно после вступления в силу американо-российского Соглашения № 123 (2010г.), открывающего странам возможность “обмена” ядерными материалами.

Практически единодушно на международном уровне при оценке рисков одним из критериев безопасности атомной отрасли выставляют количество мест хранения ядерных материалов – чем меньше мест хранения, тем выше уровень безопасности (<http://www.sibghk.ru/wps/wcm/connect/ghk/site/news/enterpriseNews/822fe38049d072de9c28dc3d902053fb>). Директива ЕС по обращению с ядерными отходами (2011г.), которая в свете реакции на японские события обязала страны-участницы к 2015г. разработать планы захоронения, ориентирует на подземную изоляцию и благосклонна к возможности экспорта отходов. В Западной Европе идею международной кооперации применительно к подземной изоляции ядерных материалов активно развивает the Association for Regional and International Underground Storage.

Одним из авторов работ, способствовавших отмене некачественного с научной точки зрения проекта подземного ядерного хранилища Yucca Mountain, является геолог (инженерная геология и гидрогеология, низкотемпературные гидротермальные процессы, изотопные исследования, а также история и прогнозы относительно четвертичного периода) и спелеолог Ю.В. Дублянский (Juri Dublyansky, www.uibk.ac.at). Его общая эрудиция и специальные знания значимо повлияли на формирование решения ведущей ядерной страны относительно ме-

ста размещения природно-техногенного, с элементами самоорганизации объекта, безопасно функционировать который по нормативам должен не менее десяти тысяч лет. А косвенно возможно ожидать отложенное влияние на общечеловеческое будущее ядерной проблематики. Он, кроме того, нелестно охарактеризовал стиль собственных геологических обоснований таких объектов российскими и американскими ядерными ведомствами и финансирования ими независимых оценок.

После закрытия проекта Yucca Mountain, фукусимской катастрофы и приостановки эксплуатации ряда АЭС Японии и других стран обострились споры по главному вопросу ядерных технологий - судьбе выведенных из оборота гражданских и военных ядерных материалов. В том числе, в контексте ядерного терроризма (belfercenter.ksg.harvard.edu/.../Joint-Threat-...).

Также возможен возврат интереса к небольшим подземным АЭС или гибридам подземной АЭС и подземного хранилища. Впрочем, и до Фукусимы, но тогда в одиночестве, Франция озвучила революционную идею – развивать собственную масштабную ядерную энергетику по укороченному разомкнутому топливному циклу (АЭС с реакторами на тепловых нейтронах) на основе использования подземного пространства страны как системообразующего природного ресурса и новейших компактных систем производства пара (http://www.t3000.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=27). И приступила к ее реализации.

Трагедия Фукусимы, начало которой положил геологический процесс, разом обнулила смысл разумных затрат при строительстве, которые были призваны комплексно обеспечить безопасность и экономичность станции в классическом исполнении. Не пришло время объективно оценить “космические” затраты на ликвидацию последствий этой трагедии. Хотя уже показано, например, что совокупное негативное влияние японских событий на некоторые показатели мировой экономики оказалось не меньше, чем при глобальном финансовом кризисе (<http://www.iep.kolasc.net.ru/news/news141112011.php>). А ядерная составляющая этих событий, особенно в долговременном ракурсе, является едва ли не самой значимой. Напомним также, что в Японии внешних воздействий с катастрофическими последствиями не выдержали не только реакторы, но и приреакторные хранилища (бассейны выдержки) отработавшего ядерного топлива. Заслуживает внимания мнение, что вскрытая проблема серьезной уязвимости хранимого топлива – главный урок Фукусимы [2; <http://www.atomic-energy.ru/articles/2011/12/02/29238>].

В Японии и странах тихоокеанского бассейна отныне заново не раз подумают о принципиальной возможности долговременного хранения и захоронения ядерных материалов в регионах субдукционного взаимодействия литосферных плит, опасаясь перспективы периодических выбросов техногенной радиоактивности в океан. Калифорнийский желоб и Йеллоустонский мегавулкан могут мотивировать интерес США и Канады к более спокойным регионам планеты (например, к Северо-Востоку России). Фукусимская катастрофа не прошла бесследно и для шведов. Известнейший проект шведского оператора по обращению с ядерными отходами SKB, предусматривающий строительство подземного национального ядерного хранилища вблизи АЭС Оскарсхамн и разрабатываемый три десятилетия, приостановлен в марте 2011г. Надзорная инстанция уже объявила о созыве международной экспертной комиссии, которая проверит, как именно будут утилизировать отходы под землей. Видимо, строительство подземного шведского хранилища может быть отложено на неопределенный срок [3]. А проект SKB - мировой лидер в своей “нише” наряду с Yucca Mountain и финской разработкой. Причем финны, похоже, после Фукусимы не только не приостановили свой проект подземного национального ядерного хранилища Олкилуото (Онкало), но и переводят захоронение в нём в категорию международного бизнеса. Подкрепляя тем самым свое решение о строительстве новых АЭС исключительно для экспорта электроэнергии в Германию (http://www.bbc.co.uk/russian/international/2011/07/110701_5thfloor_nuclear_waste_docu.shtml, http://www.rg-rb.de/index.php?option=com_rg&task=item&id=1854&Itemid=13).

Необходимо учитывать явное стремление западных стран повысить контроль над легкодоступными углеводородами Ближнего Востока и Африки. Грядут также серьезные изменения

на рынке, обусловленные сланцевым газом (см., например, <http://energyfuture.ru/slancevyj-gaz-gorkaya-realnost-dlya-gazproma-2>). Найдены месторождения нефти абиогенного происхождения, что существенно укрепляет позиции зарубежной углеводородной энергетики. Вследствие чего внимание Запада к некоторым российским нефтегазовым регионам с суровым климатом может временно уменьшиться. Как необходимо учитывать и “постфукусимское цунами” решений о закрытии европейских АЭС. Например, в Германии, где глобальной значимости решение было принято по результатам работы специально созданной после Фукусимы Комиссии по этике (!), состоящей из представителей не только инженерных и естественных наук, но и гуманитарно-духовной сферы. Логическим продолжением этих шагов следует считать меры по сверхплановому демонтажу станций с наработкой больших объемов дополнительных отходов. Кроме того, европейские ядерщики будут искать работу в Китае или России. Кстати, это соответствует общей стратегии, например, Германии в части международного разделения труда. Когда тяжелая промышленность и опасные виды производства переносятся в развивающиеся страны, а внутри Германии стимулируется современная наукоемкая промышленность, относительно малозатратная по ресурсам.

Подходы России, Украины и Казахстана

Осмысление SAMP&Co может способствовать формированию составной усиливающей части региональных и общероссийских программ создания технологической платформы “Инфраструктура Арктики”. В условиях, когда независимые оценки ([4,5]; участники телепередачи “В фокусе” на канале РБК от 9.03.11 и 23.03.11; <http://www.iep.kolasc.net.ru/news/rezolution2011.doc>) показывают отсутствие стабильной и позитивной тенденции относительно развития нефтегазового бизнеса на шельфе Арктики. Как и реалии неудач в 2011г. попыток России завершить многолетнюю подготовку контрактов на поставку газа в Китай, Роснефти найти партнеров для работы в Арктике и Газпрома наконец-то обнародовать план инвестиций в Штокман. А также (на примере проектов “Сахалин-1,2”, [6]) приводят к выводу, что надежды на привлекательность освоения шельфа и для сухопутной экономики сопряженного региона не всегда сбываются. В отчетном докладе А. Миллера за 2010г. Штокман упомянут не как объект реального развития, а лишь как козырь для спокойствия акционеров в части стратегической обеспеченности Газпрома запасами на далекое будущее. Эти оценки не противоречат показателю “от народа”: жителей Мурманской области стало меньше, а разведчики шельфа Баренцева моря в других водах ищут работу.

Весьма важно, что не могут избавиться от пессимизма в отношении Штокмана и региональные представители интеллектуальной элиты – ученые Кольского НЦ РАН и молодежное правительство Мурманской области (<http://murmansk.livejournal.com/580208.html>; <http://www.zaks.ru/new/archive/view/86149>; <http://www.rg.ru/2011/11/18/reg-szfo/young-anons.html>; <http://blogger51.livejournal.com/768941.html>). В.В. Путин в телевизионном эфире 9.02.12 признал, что факты переноса сроков реализации этого проекта имеют серьезные причины, которые пока еще действуют (<http://investcafe.ru/news/17117>; <http://www.oilru.com/news/302914/>).

Более того, в 2012г. Газпром по главным контурам проекта вернулся как бы на несколько лет назад, в начальную позицию заново выбора компаньонов и приоритетной схемы транспортировки газа. На фоне кардинальных изменений, прежде всего, газового статуса США. В свое время Саудовская Аравия резко и надолго снизила мировые цены на нефть с известными последствиями для СССР. Не исключено повторение демпинга цен, но уже на газ.

Россия имеет национальное наземное долговременное хранилище плутония на площадке ПО “Маяк”. Связанные, прежде всего, с высокой концентрацией “порождения бога царства мёртвых” на земной поверхности потенциальные опасности глобального уровня неоднократно обсуждались (например, <http://nuclearno.ru/text.asp?15383>). В России реализована неоднозначная по результатам технология подземной изоляции жидких радиоактивных отходов в пластах-коллекторах (Северск, Железногорск, Димитровград).

Россия желает строить на своей территории международные ядерные хранилища подземного типа для твердых (с долгоживущими и высокоактивными изотопами) материалов. Теперь –

тем более, так как после Фукусимы ожидаемая зарубежная прибыль Росатома от строительства АЭС может устремиться к нулю, а от демонтажа АЭС с наработкой отходов – возрастет. В политическом плане страна приобретет весомую роль при решении проблемы ядерного нераспространения (касательно и материалов, и технологий), а также диверсифицирует свою экспансию в сфере энергетики, дополнив имеющуюся инфраструктуру и спектр услуг углеводородной и ядерной энергетики ключевым, финальным, звеном ядерного топливного цикла.

В начале этого цикла уже все как будто хорошо - производство свежего топлива для атомных станций мира сейчас становится отдельным бизнес-направлением российской атомной корпорации (<http://expert.ru/2011/12/14/atomnyij-kart-blansh/>). США давно в этом бизнесе. Смушает одно, но важное обстоятельство. Нет пока внятного объяснения для пользователя относительно судьбы российского топлива после его службы в зарубежном реакторе. Не каждый зарубежный партнер воспользуется российским предложением по свежему топливу, если будет “в начале пути” известно, что отработавшее топливо предусмотрено перерабатывать. Кроме того, отработавшее топливо большинства АЭС мира, свежим поставленное из США (эта страна жестко выступает против переработки), с трудом будет пробиваться на российский рынок хранения, если будет хотя бы гипотетическая возможность когда-то его переработать на расположенном вблизи радиохимическом производстве (например, Красноярском ГХК).

Нацеленность на международные хранилища формировалась задолго до Фукусимы. Проблему применительно к России более десяти лет совместно исследуют на уровне официальной комиссии академии наук РФ и США. Начата подготовка законодательной базы, в 2002 и 2005 годах в Москве под эгидой МАГАТЭ прошли международные конференции по этой теме. Создан системный интегратор по сервисному обслуживанию зарубежных АЭС - ЗАО "Росатом Сервис". Росатом считает, что задачу обращения с радиоактивными отходами и облученным ядерным топливом можно в ближайшее время решить в рамках международной кооперации, заявил зам. генерального директора российской атомной госкорпорации А. Локшин на пятом международном форуме "АТОМЭКО-2011". На "АТОМЭКСПО-2012" лидеры говорили об интегрированном пакете российских ядерных услуг глобальному рынку (<http://www.itar-tass.com/c16/440275.html>; <http://www.itar-tass.com/c19/439942.html>).

Реальные действия российских властей противоречат озвученным неоднократно намерениям поддерживать и развивать в стране замкнутый ядерный топливный цикл [7]. Похоже, что причина не только в собственно реакторных и химических технологиях, но и в неудовлетворительной экономике этого пути. При отказе от радиохимической переработки отработавшего топлива или резком сокращении объемов такой переработки главной становится задача его долговременного хранения. Россия желает иметь хранилища третьего (высшего) уровня, дополняющие систему хранилищ федеральных и региональных. Все чаще, в том числе и на самом высоком административном уровне, говорят о приватизации отдельных структур Росатома.

Хотя политическая воля к созданию международных ядерных хранилищ/могильников достаточно определенно проявлена многими странами, конкретные юридические, финансовые и экономические механизмы этого ещё предстоит создать. В том числе, и по части сбалансирования в России интересов общенациональных и того региона, где объект будет создаваться. Видимо, как аналог будет принята схема практической реализации соглашения между МАГАТЭ и Россией (2010г.) о создании первого в мире международного банка свежего ядерного топлива.

Приветствуется и критическая правовая позиция относительно международных хранилищ (например, <http://www.dissercat.com/content/problemy-pravovogo-regulirovaniya-obrashcheniya-s-radioaktivnymi-otkhodami>; <http://www.barentsinfo.org/?DeptID=3549>), способствующая полной оценке ситуации. Необходимо также выработать социокультурные (светские и религиозные) основания и критерии таких действий. Например, на базе философского наследия Ф.М. Достоевского (http://www.armic.am/modules.php?name=News&file=view&news_id=299), с привлечением идей геоэтики и других элементов духовно-гуманитарных начал безопасности. Так называемый “индекс безопасности ядерных материалов” Фонда “Инициатива по предотвращению ядерной угрозы” (Nuclear Threat Initiative), для сравнения, предусматривает анализ условий хранения и обращения с ядерными материалами в странах мира не толь-

ко в плоскости военно-технической, но и социокультурной – от прошлого к будущему (<http://www.arms-expo.ru/050049054050124050054055048055.html>).

Вариантами площадок размещения международных хранилищ в России, наиболее официально “продвинутыми”, без нового комплексного анализа и дополнительных обоснований традиционно для ядерной отрасли “состыкованными” с объектами наследия “холодной войны”, являются пока площадки вблизи Красноярска, Челябинска и границы с Китаем и Монголией (Краснокаменск). При этом преобладает выбор площадок в зонах палеовулканов (как и в случае Yucca Mountain). А применительно к Краснокаменску интерес проявлен к эксплуатирующемуся и крупнейшему в России Стрельцовскому рудному полю на уран и позитивным считают наличие инфраструктуры горных выработок. Хотя приоритетные для исследований площадки уже “назначены”, даже лояльный к ним анализ (ИГЕМ РАН [8]) геологической ситуации на базе чрезвычайно слабой разведки закончился признанием, что Россия находится на начальной стадии реализации таких программ и принимать решения о пригодности площадок преждевременно. В Казахстане и Украине планируют подобные объекты на территории, соответственно, Семипалатинского полигона (на котором задействованы охраняемые технические системы США: <http://nuclearno.ru/text.asp?15384>) и Чернобыльской зоны.

Важно помнить, что военно-промышленные ядерные объекты СССР, к которым теперь в России и Казахстане “привязывают” международные подземные ядерные хранилища, размещались (прятались в глуши, подальше от врагов) примерно 60 лет назад в полной конфронтации с Западом далеко не по геологическим и экономическим критериям. Не считая урановые горно-обогатительные предприятия, но и в этом случае первоначальные геологические задачи коренным образом отличались от таковых при обосновании места нахождения хранилища. Безопасность же геологических (так их еще называют) хранилищ в течение тысяч лет детерминирована, прежде всего, качеством породных массивов (механическая устойчивость и способность изолировать радионуклиды, в том числе и на основе природных процессов, аналогичных гидротермальному рудообразованию), а также комплексом геологических, геофизических, гидрогеологических и геохимических условий их длительного существования. Да и социально-политическая обстановка “на дворе” совсем другая. Как и другими стали некоторые границы, дальше от которых старались разместить ядерные объекты. Теми же самыми глобально остались лишь речные системы Тобола, Иртыша, Оби и Енисея, все эти годы испытывающие радиационные нагрузки прежних обстоятельств и принудительно “сосватанные” к новым. В некоторой степени ситуация аналогична и для украинского Днепра.

Заботу о национальной безопасности и безопасности ядерных объектов никто не отменял. Но сейчас нужен новый баланс политических, экономических, геологических и других оснований. Применять в новое время и для новой задачи прежний подход – ошибка. Поэтому, первые (возможно, и ключевые) аргументы при подземной изоляции ядерных материалов относительно места и технологии хранилищ, наряду с политическими и экономическими, должны быть за международной геологией, должны базироваться на результатах международных комплексных геологических проектов. Например, Е.Б. Андерсон, В.Г. Савоненков и С.И. Шабалев (Радиевый институт, [9]) как идеологический постулат отмечают прерогативу наук о Земле при обосновании безопасности удаления ядерных материалов в геологические формации. Кроме того, они, применительно к Северо-Западу России, подчеркивают важность вспомогательного использования обильных материалов предшествующего (для других целей) геологического изучения региона. Прежде всего, полученных на многолетних этапах поиска, разведки и добычи различных полезных ископаемых. Это аналог попутных массовых поисков на уран. А также и уже во вторую очередь – важность учета географических особенностей сложившейся ранее и прогнозируемой многокомпонентной ядерной и другой инфраструктуры региона. Подобные подходы не новы. Но они с трудом приживаются в реальной практике геологов российской (и не только) ядерной отрасли.

После уроков Фукусимы в стенах Национального ядерного университета МИФИ сформирован важный посыл: первоочередным считают ядерно-геологический симбиоз на международной основе. “Задача заключается в том, чтобы установить для площадки АЭС соответ-

ствие между уровнем природных рисков и объемом мер, необходимых для обеспечения должной степени безопасности. При этом такая оценка должна быть дана на основе единой общепризнанной методики (которую также еще предстоит создать) группой квалифицированных экспертов при неуклонном соблюдении принципа интернациональности ее состава. В то же время упомянутая методика должна содержать критерии безусловной непригодности какой-либо площадки (или даже региона) для сооружения и эксплуатации атомной станции” [10]. Добавлю, что позиция интернационализации еще более актуальна при выборе площадки и создании ядерного хранилища.

Справедливости ради надо отметить, что тезис о важной роли геологов при обеспечении безопасности ядерных объектов не связан только с Фукусимой (www.rae.ru/snt/pdf/2005/2/4.pdf; http://www.roninfo.ru/publ/intervju/ehkologicheskaja_bezopasnost_obektov_rosatoma_v_rukakh_geologov/3-1-0-5). Причем, если российская наука и промышленность в целом уже не могут самостоятельно или в качестве лидера решать глобальные проблемы (<http://proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3594>), то горно-геологическая отрасль, пожалуй, еще способна это делать в своих рамках и при наличии денег. Тем более, что и со стороны специалистов ядерной отрасли интерес к созданию, например, по аналогии с объектами древности природно-техногенных систем захоронения ее отходов возрастает (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3756>). В том числе, из-за объективных трудностей при реализации генеральной концепции развития российской ядерной энергетики (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=1656>; http://www.t3000.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=27).

В последние годы российскому Сарову и американскому Лос-Аламосу неоднократно смертельно угрожали катастрофические лесные пожары. С.В. Кириенко в июне 2011г. сообщил (Госсовет по модернизации при Д.А. Медведеве), что Росатом внедряет идеологию прогноза и мониторинга условий существования АЭС по всему жизненному циклу (более ста лет), включая стадию снятия станций с эксплуатации (демонтажа) после длительной выдержки. Будет справедливо, если аналогичный подход применяют к объектам хранения/захоронения ядерных материалов (тысячи/миллионы лет). В таких случаях без наук и практических знаний о Земле точно не обойтись.

Потенциал российского Севера

На Северо-Западе России проектировщики Росатома (Минатома) последовательно считали в качестве изолирующей геологической среды для ядерного хранилища (пока официально лишь регионального) многолетнемерзлые известняки полигона Новой Земли и залежи солей Республики Коми [11]. Кстати, в Ухте работает известный в радиозоологии геолог В.А. Копейкин, имеющий серьезные наработки применительно к геохимическим барьерам защиты от распространения радионуклидов, возглавлявший несколько самых тяжелых лет Рабочую группу Мингео СССР в Чернобыле. Видимо, и это обстоятельство в череде других обусловило “дрейф” интереса Росатома от Новой Земли к геологическим структурам Коми.

Предложения Горного института Кольского научного центра РАН – Сайда-Губа (хотя и без того все ближе к Мурманску беда, если вдуматься в динамику событий “Курск” – “Екатеринбург”) и Дальние Зеленцы [12]. Обе площадки принадлежат финмаркско-мурманской сейсмогенной зоне (www.geotochka.ru/SVAROG2012/SVAROG2012_OVOS.pdf). Возможно, нацеленность этих предложений на потенциальных потребителей по одному из вариантов подскажет статья В.А. Перовского с красноречивым названием “Где взять радиоактивные отходы для Сайды?” Автор показывает многократную избыточность возводимых Германией в Сайда-Губе мощностей по переработке отходов, если ориентироваться на поставки только северных флотов [13].

Примем во внимание, что с 2011г. начато проектирование функционально-аналогичного комплекса переработки радиоактивных отходов и накопительной площадки временного хранения контейнеров в Губе Андреева (финансирование Италии). Анализ (<http://proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3670>) истории реабилитации одноименной береговой базы ВМФ показывает следующее. За почти двадцать лет развития ба-

зы под международным контролем темпы и общие объемы вывоза радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива с базы кратно уменьшились по сравнению с советским периодом, когда эта функция, кстати, не являлась главной. С.В. Кириенко заявляет о практически полном и успешном завершении основных работ (умалчивая об их сути), хотя основные работы по разгрузке хранилищ и не начинались. Авторы анализа (В.А. Перовский и А.А. Аникин) вынуждены предположить: процесс реабилитации базы затянут и сознательно. Добавлю – чтобы сохранить имевшиеся предпосылки и создать облагороженную территорию для дальнейшего развития в прежнем направлении обновленного объекта перевалки и временного хранения ядерных материалов, но другой генерации.

Росатом и Германия планируют кооперацию в использовании редкоземельных металлов Мурманна (российско-германский Сырьевой форум, Мурманск, октябрь 2011г.), что породит новый источник радиоактивных отходов. Кольские ученые прицениваются к вариантам компоновки объекта подземной изоляции для шведского отработавшего ядерного топлива, используя российские показатели стоимости (значит, и технологий) горных работ (vestnik.mstu.edu.ru/v13_5_n42/articles/07_amosov.pdf). Существуют и другие признаки, что на Северо-Западе России дело региональным хранилищем не ограничится.

Альтернативой официальным площадкам Росатома, Дальним Зеленцам и Сайда-Губе, “спарринг-партнером” при дискуссиях, является Печенга (Печенгская геологическая структура, одна из наиболее исследованных в мире, и ее обрамление). Она удалена как от западноевропейской, так и азиатской радиохимической промышленности. Вулканологи обосновывают наличие в глубинах Печенги позитивных для изоляции ядерных материалов процессов современного минералообразования [14]. На “ядерный” потенциал этой структуры обращали внимание сотрудник ВНИПИЭТ В.А. Перовский [15], мурманские геологи-производственники (Н.И. Бичук, В.Г. Зайцев, Г.С. Мелихова и др. [16]), специалисты Петербургского университета А.С. Сергеев и Р.В. Богданов [17]. А также - руководители Геологического института Кольского НЦ РАН (Ф.П. Митрофанов), Кольской сверхглубокой скважины (Д.М. Губерман) и Ярославской экспедиции сверхглубокого бурения “Недра” (Л.А. Певзнер). Равно как и SKB, МНТЦ и The UNESCO International Geological Correlation Programme [18,19]. Причем, пожалуй, геологические условия Печенги (как и Краснокаменска) не только альтернативны, но и, по большому счету, являются интеграционными относительно концепций хранилищ в гнейсах и гранитах (Швеция, Финляндия, Красноярский край, Сайда-Губа и Дальние Зеленцы) и вулканогенно-осадочных породах (Yussa Mountain, Челябинская область).

Вблизи Печенги сосредоточены силы и средства для профессионального выполнения геологических, горных и радиационно/ядерно-опасных работ. При геологическом, экономическом и политическом приоритетах выбора Печенга оставляет возможность не с нуля развивать ядерную компоненту объекта. Действуют аналог ядерных подземных сооружений (рудник “Северный-Глубокий”), потенциальное место реализации технологий котлованного/”курганного наоборота” создания ядерных могильников (карьер “Центральный”), единая технологическая система обозначенных выработок (<http://www.interros.ru/050055052053124053054057057/>). А также - предтеча Фукусимы относительно аварийных хранилищ отработавшего ядерного топлива (инфраструктура Губы Андреева). Кстати, проблему отходов при демонтаже Кольской АЭС по аналогии с ”курганной наоборот” технологией могло бы решить использование одного из карьеров Ковдора, Оленегорска или Хибин. Уже существующий геоядерный кластер “Печенга” упростит и удешевит как реализацию опережающих исследований (подземная лаборатория), так и создание производственного комплекса хранилища. Seriously поспособствует на базе международной и общегосударственной выгоды экономической и технологической переориентации Мурманской области. Он также в полной мере соответствует междисциплинарному и межотраслевому духу, некоторым конкретным позициям указа президента РФ (2011г.) о приоритетных направлениях развития науки, технологий и техники. Тенденциям вхождения горной отрасли и науки в технолого-финансовые комплексы более высокого уровня (<http://miningexpo.ru/news/19613>). Кроме того, Печенга не принадлежит территории формирования великих речных систем Евразии.

Здесь имеются примеры плодотворного международного сотрудничества в сферах геологии (Кольская сверхглубокая скважина), экологии (заповедник “Пасвик”), хозяйственной деятельности (гидроэлектростанции на реке Паз), технологии (реконструкция плавильного цеха комбината “Печенганикель”), культуры (энциклопедия “Печенга”), спорта (массовый лыжный марафон по приграничной территории России, Финляндии и Норвегии) и других. Наличие в приграничных окрестностях Трифионов Печенгского монастыря потенциально благотворно. Необходимое дополнительное теологическое осмысление феномена ядерной энергии в его гражданском и военном проявлениях с позиций православия и других религиозных конфессий, плодотворное сочетание физики и метафизики получит еще одну мотивацию и новую возможность. По примеру мнений основных мировых религий по поводу ядерного оружия в книге "Ethics and weapons of mass destruction: religious and secular perspectives". Планируют создать международную Поморскую экономическую зону. Специалисты КНЦ РАН занимаются не только геологией Печенги, но и разработкой экологических барьеров на основе местного природного и техногенного сырья. В том числе, в рамках программ Центра исследования микро- и наноматериалов.

Геологическая документация, каменный материал и во многих случаях доступная (или потенциально доступная) до сих пор натура по Кольской сверхглубокой скважине, десятку открытых и подземных рудников, тысячам разведочных скважин (глубиной от первых метров до первых километров) наземного и подземного заложения. Они совместно с собственно наземными исследованиями и глубинным зондированием с земной поверхностью (включая методы на основе мощных источников электромагнитного излучения) открывают уникальные, единственные для Земли, возможности. А именно, - перекрестно разными инструментальными методами, в разных ракурсах и масштабах, дополнительно и надежно, в свете новой глобальной задачи, изучить геопространство Печенгской структуры применительно к типам пород, условиям и месту их залегания.

Следует сказать, что в породах Печенги, где возможна материализация одного из вариантов SAMPO (в виде подземной АЭС или хранилища), российскими и норвежскими геологами найдены окаменелые образцы древнейших, возрастом более 2 миллиардов лет, микроорганизмов (*Pechengia melezhiki*). Микроорганизмов, сформировавших на Земле важнейшие условия для будущей биологической эволюции (развития на кислородной основе) вплоть до высших форм. Эти сохранившиеся до нас окаменелости возможно, видимо, считать признаком региональной геологической долговременной стабильности, столь необходимой ядерным объектам. Своеобразным талисманом-оберегом. А сочетание открытия *Pechengia melezhiki* с SAMPO - символом трансформации и преемственности энергетики жизни.

Не добрые ли это знаки, учитывая, что по преданиям в свое время в “пещерах” “утеса из меди” Печенги было создано Сампо “Калевалы”? И не подсказка ли это к объединению на этой площадке усилий, и не только геологов? К объединению усилий, для начала, хотя бы упомянутых специалистов и организаций. При “перезагрузке” на Печенгу финансирования от Yussa Mountain, Новой Земли и других подобных проектов, не имеющих научных и социокультурных оснований, не выдерживающих испытания временем. Чтобы надежно под землей экранировать источник электроэнергии (в случае АЭС) или (в случае хранилища) искусственные, комплексно насыщенные газами гидротермы, неизбежно возникающие в породах, в которых надолго размещены высокоэнергетичные радиоактивные материалы (или радионуклиды гидротерм).

Одним из важных аргументов против Печенгской геологической структуры и ее обрамления формально может быть то обстоятельство, что здесь в настоящее время ведется добыча медно-никелевых руд. Этот аргумент (как и против Стрельцовского рудного поля, Краснокаменск) есть производное от рекомендации (не более того) МАГАТЭ избегать изоляции ядерных материалов в зоне месторождений полезных ископаемых. Однако в случае Печенги совместный, внимательный и объективный анализ текста этой рекомендации и конкретных горно-геологических и экономических условий работы хозяйствующего субъекта (компания “Норильский никель”) приводит к выводу, что факт более чем семидесятилетней истории изучения и освоения медно-никелевых (сульфидных) месторождений Печенги является не

осложняющим, а благоприятствующим фактором. Учитывая, кроме всего прочего, и перспективу на 50-100 лет. Это время принятой в мире стратегии временного/отложенного хранения ядерных материалов в наземных хранилищах.

Опыт США, Канады, Швеции, Финляндии и других стран (более продвинутых в программах создания подземных ядерных хранилищ, чем Россия) показывает, что и за 30-40 лет необходимых научно-технических и производственных работ ни одно подземное хранилище еще не создано. В перспективе таких интервалов запаса времени до загрузки хранилища ядерным содержимым рассматриваемые месторождения будут гарантированно полностью отработаны. Как отработана никелевая руда Мончегорска. Хотя и сейчас возможно выбрать перспективные участки требуемых размеров заведомо вне проявлений никеля (или, как расплывчато сказано в упомянутой рекомендации МАГАТЭ, “не вблизи месторождений”), с высокими гидроизолирующими свойствами [16] и не в тектонически-напряженных массивах (А.В. Ловчиков: [20]; <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/3833.html>).

Никель из недр Печенги как явление на наших глазах становится историей. Функционирование же никелевой металлургии на Кольском полуострове продолжится, но за счет привозных полуфабрикатов. Например, из Воронежской области.

В рудниках Печенги нет той природно-техногенной сейсмичности, которая стала серьезной негативной проблемой при эксплуатации подземного пространства Хибинского и Ловозерского массивов. К слову, месторождение "Антей" (Краснокаменск) расположено в тектонически-напряженном массиве. Вмещающие породы (граниты, в которых предполагается строить подземное ядерное хранилище) склонны к хрупкому разрушению и являются потенциально удароопасными [21]. Геодинамические опасности при разработке гидротермальных месторождений Стрельцовского рудного поля требуют постоянного внимания, исследования и дополнительных затрат при ведении горных работ (geoprotection.narod.ru/genesis/kotenko.doc; www.misd.nsc.ru/print/?page=310094; zakupki.rosatom.ru/file.ashx?oid=46877; www.credo-dialogue.com/.../Tsifrovye-tehnologies-trehmernogo-...; www.spmi.ru/download/zgi/188/t188_rasskazov3_r.htm; www.igem.ru/site/seminars_09/rg_seminar/statia_rus.pdf). Пример реальных разрушений – события марта 2012г. на руднике “Глубокий”.

На потенциальных площадках вблизи Красноярска сейчас затруднительно напрямую инструментально оценить напряженное состояние пород – только косвенно через результаты натурных наблюдений в подземных сооружениях Красноярского ГХК, принадлежащих другому массиву и удаленных от гипотетического хранилища примерно на 30 километров, или путем математического моделирования [22, 23].

С 2000 г. в Сибири и на Дальнем Востоке многие регионы трясет, на Кольском полуострове тихо.

Именно Печенга максимально обеспечит выполнение этой рекомендации МАГАТЭ: известные месторождения исчезнут, а новые практически невероятны при высочайшей геологической изученности территории. Аналогия: в РАН (Н.П. Лаверов) такой же подход к Краснокаменску считают “единственно верным” (2011г., <http://www.ras.ru/FStorage/Download.aspx?id=bb9c25dd-630b-4f87-8d3e-6fad9a0ba9ca>; 2005г., newmdb.iaea.org/GetLibraryFile.aspx?RRoomID=694). "Приаргунское производственное горно-химическое объединение" может работать при существующих запасах урана 30-35 лет.

Вполне реальна перспектива международного геоядерного альянса на базе Росатома и “Норильского никеля”. Корпорации уже “породнились семьями”: с 2011г. значительной частью атомных дел руководит бывший глава Кольской ГМК Е.В. Романов. Норникель расширяет свою базу на Мурмане (<http://helion-ltd.ru/news/10111-l-r-----/>). Не исключен (как минимум для согласованных действий в энергетике и диверсификации активов компаний) и союз с Газпромом. Их кооперация компенсирует арктические углеводородные и другие затруднения, а также способствует формированию самостоятельной высокотехнологичной отрасли и международного технопарка, составной части базового пакета технологий для формирования

национального (или международного, по примеру подземного хранилища семенного фонда Земли в Норвегии) резерва стратегических материалов на Севере России. “Норильский никель”, не осложняя свою деятельность, может рационально, заранее и с пользой продать горно-геологическую документацию и реальную инфраструктуру (в противовес бездарной потере Кольской сверхглубокой скважины), постепенно и вынужденно сводя к нулю добычу руды в окрестностях Приречного, Никеля и Заполярного. Или иначе участвовать совместно с Rosatom&Co в новом освоении подземного пространства Печенгской/Стрельцовской структуры. Одновременно внося весомый многогранный вклад (как некую компенсацию за свои экологические прегрешения) в реализацию идеи “зеленых технологий”.

При необходимости “Норильский никель” и на равноудаленном от западных и восточных поставщиков Таймыре найдет пригодные массив и/или готовые выработки для хранилища, дополнительно изолированные покровом многолетнемерзлых пород. Или на Северо-Востоке России. Удачным сочетанием для любых сценариев будущего ядерной энергетики может быть подземное хранилище вблизи Норильска и уже действующее наземное хранилище Красноярского ГК. Люди “Норильского никеля” занимают ключевые административные посты не только на Таймыре, но и Кольском полуострове. В свою очередь, атомный ледокол “Ямал”, демонстрируя в июле 2011г. стремление Росатома закрепиться в высоких широтах, катал по легендарной трассе – приобщал к реальности участников международной конференции “Северным морским путем к стратегической стабильности и равноправному партнерству в Арктике”.

Вместо заключения

Романтическое время, когда почти в каждой стране допускалось иметь собственный “ядерно-свечной заводик” полного цикла, закончилось. Не получилось порознь у СССР и Японии (отчасти, и у США) обойтись без национальных ядерных катастроф. Велик риск террористического инициирования (средиземноморское “цунами”) таких катастроф для ряда стран Западной Европы, учитывая их воинственную политику в южных, богатых углеводородами регионах. Подтверждение реальности этого и новых, изнутри, вызовов Европе – террористические акты 2011г. в Норвегии и менталитет норвежского террориста, вовсе не исключают ядерные объекты из числа потенциальных целей для подобных ему идейных борцов. При ликвидации последствий чернобыльской и фукусимской катастроф более эффективными оказались действия на основе государственной собственности и государственного управления, чем частных. Следует ожидать, что эффективное частно-государственное партнерство или межгосударственный уровень для таких ситуаций еще более надежен.

Видимо, свершившиеся и потенциальные “неприятности” - довод для объединения усилий и повышения эффективности надзора, что, например, имеет наибольшие предпосылки реализации при создании международных подземных ядерных хранилищ на стыке стран или в иначе труднодоступной для несанкционированных посещений местности (Печенга, Норильск/Билибино, Краснокаменск). Кстати, градообразующее предприятие – АЭС готовят в Билибино к закрытию в ближайшие десять лет. Присоединиться к идее создания таких хранилищ было бы полезно, например, США, Канаде, Германии, Финляндии, Швеции (в том числе и как владельцам-носителям технологий подземной изоляции). А также Японии, Беларуси, Литве, Украине, другим странам Восточной Европы, Армении и Казахстану. Как и участникам программы “Сотрудничество АТОМ-СНГ”. Комплексные международные (независимые и “в компании”) исследования на сопредельных территориях – залог объективности и надежности научного обоснования и сопровождения работ.

И еще. Сейчас на Западе принято выдвигать современные военные системы к границам России. Пример – ПРО в Европе. В последнее время, правда, и Россия подумывает об адекватной дислокации своих тактических и зенитных ракет. Контактное расположение ядерных хранилищ у границ с российской стороны будет некоторым фактором доверительного ядерного сдерживания – материальной гарантией неприменения этих систем против России. И поддержит символику тополей Д. Рогозина (<http://www.radiovesti.ru/articles/2012-01-14/fm/28560>). Заменой той гарантии, которую хотя бы на уровне политических заявлений долго и безуспешно пытается получить руководство РФ от иностранных партнеров. Принято

также в ЕС стремиться к потреблению электроэнергии российских АЭС. Формируется справедливое мнение, что страны-потребители импортируемого “атомного электричества” должны юридически выравнять стандарты безопасности по обе стороны границы, нести часть бремени решения проблем отработавшего ядерного топлива, радиоактивных отходов и вывода из эксплуатации АЭС стран, производящих такое электричество (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3483>).

На Мурмане нет месторождений урана. Молодой геолог Н.П. Лаверов их здесь не нашел. Академик Н.П. Лаверов и представители его научно-практической (ИГЕМ, МГИМО) школы могли бы исправить кольское природно-политическое недоразумение, поспособствовав созданию печенгской техногенной залежи ядерных материалов и методов контроля условий ее функционирования, в том числе правовых и дистанционных геофизических.

С другой стороны, “ружье на стене” - хранилище вблизи Красноярска или Челябинска - при его долгой жизни обязательно “выстрелит” как повод для внешнего “принуждения к миру” в центре России. Кроме того, в России и Германии понимают, что при нынешних тенденциях через 50 лет почти не останется государств, заинтересованных в российском природном газе [24].

Площадка “Печенга” расположена у северо-западной, площадка “Краснокаменск” – у юго-восточной границ РФ. С одной стороны потребности, как минимум, Европы, а с другой – Японии, Южной Кореи и Китая. И везде – США. Концепции Краснокаменска и Печенги “просятся” в единую систему (от исследований до реализации). Аналогично системе портовых комплексов для экспортно-импортной перевалки ядерных материалов - транспортно-логистический комплекс (ТЛК) “Запад” (Усть-Луга) и ТЛК “Восток” на Дальнем Востоке. На Кольском полуострове такую функцию могут выполнять береговые базы Росатома (Атомфлот и СевРАО). К тому же, двоюродный брат В.В. Путина будет возводить международный морской торговый порт “Печенга”, строить здесь промышленные предприятия и жилье (<http://m51.ru/?p=5722>).

Правда, инициативу по размещению зарубежного отработавшего топлива и высокоактивных отходов у Краснокаменска может перехватить Монголия. А у Печенги – Финляндия.

Не исключено, что конкуренцию или компанию Краснокаменску (как и Семипалатинску или системе “Печенга – Краснокаменск”) в какой-либо форме может составить и Китай, который создает к 2050г. вблизи южной границы Монголии, примерно на равном расстоянии от Семипалатинска и Краснокаменска, национальное (пока) геологическое хранилище Бейшан (Beishan). По крайней мере, зондирующие ситуацию заявления о готовности страны принимать на долговременное хранение зарубежные ядерные материалы уже звучали. Нужно понимать, что Китай в принципиально важных делах достойно полностью самостоятелен и до поры закрыт. Поэтому надежно оценить планы Китая в направлении международной кооперации для завершающих стадий ядерного топливного цикла сейчас сложно. Возможно, китайские коллеги еще выжидают.

В “остальном мире” только-только и радикально меняется подход: от строгой обязательности национальных хранилищ к интернационализации. То обстоятельство, что одна из потенциальных площадок создаваемой международной системы – Краснокаменск, не должно оставить Китай равнодушным.

Кроме того, транснациональная полифункциональная система обращения с ядерными материалами уже существует и развивается дальше. И Китай, несмотря на его неторопливость и самостоятельность в стратегических вопросах, уже приобщен к ней. Пока наиболее представлен оборот исходного урана. Это начало ядерного топливного цикла. Как видим, в рамках общей тенденции просматриваются уже и контуры международной кооперации в сфере завершающих стадий этого цикла. Причем разные страны могут осуществлять одну или несколько функций: поставки, приемки, перевозки, транзита, контроля. И если ключевым становится Краснокаменск, то Китай, даже при создании полностью самостоятельной национальной системы хранения и захоронения собственных ядерных материалов, не может не влиять на систему транснациональную. Потому, что транснациональная система должна территориально

“привязываться” к инфраструктурам евроазиатского материка. Китай может соучаствовать в ней в той части, которая не ограничивает его национальные интересы, а расширяет их. В контексте и ядерного нераспространения, и накопления у себя запасов ценного сырья для технологий редких элементов. Китай примет, несомненно, весомое решение относительно концепции и проектов подземных международных хранилищ ядерных материалов. Но позже.

Многое надо учитывать, решая вопрос о месте размещения объекта.

Благодарю за поддержку исследований профессоров В. Falkenburg, N. Witoszek, D. Macer, V. Masloboev, O. Ivanov. А также - научных сотрудников Института философии и политологии Дортмундского технического университета.

Список литературы

1. Комлева Е.В. Ядерные отходы, газовые месторождения и безопасность Севера Европы // ЭКО: Всероссийский экономический журнал, 2007, №3.- С. 104-111.
2. Рядом со "шведской Фукусимой" планируют строить "вечное" хранилище ядерных отходов. [Электронный ресурс]: <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,14939212,00.html> (дата обращения 23.05.11).
3. Лаверов Н.П., Величкин В.И., Пэк А.А. Радиогеоэкологические проблемы начального и завершающего этапов ядерного топливного цикла // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. – 2010, № 4. - С. 26-33.
4. Андерсон Е.Б., Савоненков В.Г., Шабалев С.И. Геологические формации, перспективные для изоляции РАО // Безопасность ядерных технологий и окружающей среды. – 2011, №1. – С. 54-58.
5. Колдобский А.Б. Мирный атом после цунами [Электронный ресурс]: <http://www.globalaffairs.ru/number/Mirnyi-atom-posle-tsunami-15187> (дата обращения 23.05.11).
6. Перовский В.А. Где взять радиоактивные отходы для Сайды? [Электронный ресурс]: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=2838> (дата обращения 23.05.11).
7. Комлев В.Н., Бичук Н.И., Зайцев В.Г., Мелихова Г.С. О перспективности площадок северо-западной части Мурманской области для размещения радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива / Тез. докладов конференции “Радиационная безопасность: радиоактивные отходы и экология”. – Санкт-Петербург, 1999. - С. 24-25.
8. Сергеев А.С., Богданов Р.В., Комлев В.Н. Оценка геологических формаций северо-западного региона России как среды размещения подземного хранилища радиоактивных отходов / Тез. докладов конференции “Радиационная безопасность: радиоактивные отходы и экология”. – Санкт-Петербург, 1999. - С. 88-89.
9. Project-408 in the framework of the UNESCO International Geological Correlation Programme “Comparison of composition, structure and physical properties of rocks and minerals in the Kola Superdeep Borehole (SG-3) and their homologues on the surface” (edited by F.P. Mitrofanov and F.F. Gorbatsevich). Apatity : Geological Institute of Kola Science Centre RAS, 2000. 153 p.
10. SKB&NEDRA Technical Report 92–39. 1992 // Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. SM Gruppen Bromma, 1993. 116 p.
11. Ловчиков А.В., Удалов А.Е., Белявский Ю.Г. Напряженное состояние пород в верхних слоях земной коры по данным натуральных измерений в рудниках вблизи скважины СГ-3 // Вестник МГТУ, том 10, №2, 2007. – С. 267-272.
12. Дорджиев Д.Ю. Обеспечение устойчивости выработок в рудном массиве при разработке удароопасных урановых месторождений / Диссертация на соискание степени кандидата технических наук. – С-Петербург, 2011. – 145 с.
13. Андерсон Е.Б., Белов С.В., Камнев Е.Н. и др. Подземная изоляция радиоактивных отходов. – М., 2011, 592 с.