

2. Васин С.А., Талашук А.Ю. и др. Проектирование и моделирование промышленных изделий: учеб. для вузов. М.: Машиностроение -1, 2004, 692 с.

3. Васин С.А., Кошелева А.А. Эргономические основы проектирования: учеб.-метод. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2010, 96 с.

4. Художественное конструирование. Проектирование и моделирование промышленных изделий: учеб. пособие для вузов / З.Н. Быков [и др.] ; под ред.: З.Н. Быкова, Г.Б. Минервина. - М.: Высшая школа, 1986. - 239 с.

5. [Сомов. Ю. С.](#) Композиция в технике - 3-е изд., перераб.и доп. - М.: Машиностроение, 1987. - 288 с.

6. Волкотруб И.Т. Основы художественного конструирования: Учеб. пособие для сред. спец. учеб. заведений / И.Т. Волкотруб, 2-е изд., перераб.и доп. - Киев: Выща школа, 1988. - 191 с.

ЗАХОРОНЕНИЕ ЯДЕРНЫХ ОТХОДОВ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Е.В. Комлева¹, В.Н. Самаров², В.З. Непомнящий³

¹научный сотрудник, Институт философии и политологии, Технический университет, г. Дортмунд, Германия

²доктор технических наук, профессор, лаборатория новых технологий, г. Garden Grove, США

³кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория новых технологий, г. Garden Grove, США

Аннотация. Рассмотрен знаковый факт возврата ФГУП «НО РАО» к «национальной идее» ядерного могильника на Новой Земле как следствие гипертрофированного, возможно, чувства особенности, самодостаточности и приоритетности российской атомной отрасли. Своевольный возврат к ранее признанной ошибкой идее без публичного опровержения прежнего заключения РАН и решения Минатома означает, что «Национальный оператор» испытывает серьезные трудности при собственном надежном обосновании способов и мест геологической/финальной и других видов изоляции радиоактивных отходов, при этом частично игнорируя/искажая общепризнанную зарубежную методологию. Ситуация дополнительно осложнена мировым экономическим и политическим кризисом. Трудности для всех типов могильников можно экономично и объективно преодолеть, привлекая горный, геологический и материаловедческий опыт, а также ресурсы извне Росатома.

Ключевые слова: ядерная энергия, ядерные отходы, ядерный могильник, геологические и горные технологии, безопасность, экономика, Новая Земля, Красноярск, Печенга, Урал, Росатом, горно-химический комбинат, Кольская горно-металлургическая компания, Россия.

DISPOSAL OF NUCLEAR WASTE: SYSTEMS ANALYSIS

Elena Komleva¹, Victor Samarov², Vitaly Nepomnutshy²

¹Institute for Philosophy and Political Science, TU Dortmund, Germany

^{2,3}Ph.D., LNT PM Inc., Garden Grove, CA, USA

Abstract. There is considered an emblematic fact of going back to the "national idea" of a nuclear final storage facility on Novaya Zemlya made by the Federal State Unitary Enterprise "National Operator for Radioactive Waste Management" as a result of a probably exaggerated sense of specialness, self-sufficiency and priority of Russian atomic branch. The self-willed return to the idea, earlier conceded to be a mistake, without a public refutation of previous conclusion of the Russian Academy of Science and Minatom decision implicates that the "National Operator" has a hard time of reliably proving itself the ways and sites for geological/ final and other kinds of isolation of radioactive waste, furthermore it partially ignores/ distorts the recognized international methodology. The situation is additionally complicated by the world economic and political crisis. Difficulties for all types of final storage facilities can be objectively and efficiently mastered by using the experience of mining, geology and material sciences as well as resources external to Rosatom.

Keywords: nuclear energy, nuclear waste, nuclear waste storage facility, geological and mining technologies, safety, economy, Novaya Zemlya, Krasnoyarsk, Pechenga, Ural, Rosatom, mining and chemical combine, Kola Mining and Metallurgical Company, Russia.

Скажите государю, что у англичан ружья кирпичом не чистят: пусть чтобы и у нас не чистили, а то, храни Бог войны, они стрелять не годятся
Н.С. Лесков. Сказ «Левша»

Введение. В данной статье, в контексте соотнесения ядерной и горно-геологической тематик, речь идет о материалах ядерной отрасли, подлежащих в тех или иных обстоятельствах изоляции от биосферы. Под ними понимается совокупность твердых/отвержденных радиоактивных отходов (РАО) разного уровня активности, отработавшего ядерного топлива и демонтированного боезапаса – делящихся ядерных материалов оружейного качества (если они признаны отходами). Составляющие рассматриваемой ядерной совокупности в разной степени и в зависимости от разных условий могут оказаться в земных недрах: глубоко или в контакте с земной поверхностью. Для конкретности и допустимого упрощения рассматриваем как базу лишь один из вариантов последней стадии обращения с отходами – их захоронение. Его в международном контексте нужно считать основным. На такой вариант стратегически ориентируются главные атомные страны (США, ГЕРМАНИЯ, КАНАДА, ШВЕЦИЯ, ФИНЛЯНДИЯ, большей частью - ВЕЛИКОБРИТАНИЯ, ЯПОНИЯ, КИТАЙ). А также все менее продвинутые в атомной отрасли страны, которые (к тому же) не производят собственного

свежего ядерного топлива, а пользуются топливом лидера мировых поставок – США. Стадии захоронения во многом технологически близок вариант подземного долговременного хранения некоторых материалов, относительно которых допускается, что их статус как отходов со временем может быть пересмотрен.

Целью работы является анализ российской системы захоронения разных категорий РАО и выработка конкретных предложений по ее модернизации в свете международных тенденций и обозначенных авторами новых экологически и экономически эффективных технологий, базирующихся на инновационной трактовке некоторого горно-геологического и материалovedческого опыта.

Материалы и результаты исследований. ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО») решает проблему захоронения твердых РАО в России. Вряд ли кто-нибудь оспорит необходимость этой деятельности. Но качество конкретных решений сомнительно.

В части федерального (с международной перспективой) геологического/финального могильника на глубине 500 м для РАО 1 и 2 категории (высокоактивные отходы, ВАО) сомнения давние и многими опубликованы. Созданный в СССР Красноярский горно-химический комбинат и создаваемый ныне конверсионный комплекс в Железногорске – гордость Росатома. Правда, гордиться могильником в таком комплексе излишне. Место могильника не выбрано из альтернатив (проигнорированы, в частности, весомый вариант ИГЕМ РАН применительно к одному из подземных урановых рудников Краснокаменска – явное неуважение к академическим долголетним трудам и потраченным деньгам, возможности Норильска и Печенги), а назначено антинаучно и лукаво около Енисея в угоду корпоративной целесообразности. Мало кто в мире отныне собирается нагружать производственную площадку конечного по историческим меркам объекта, выбиравшуюся не для захоронения РАО, ради краткой выгоды вечным опасным балластом в виде могильника. Разве что рискованно Украина – зону Чернобыльской АЭС. Могильник и другие объекты в Железногорске – антагонисты по функциям и условиям существования. «Родильный дом» и «кладбище» не должны быть за одним забором. Нарушен человеческий закон, социокультурный код. Запланирована охрана. Уточнить бы: охрана и ремонтники будут деньги получать миллион лет? Напомним постулат МАГАТЭ: безопасность могильника в перспективе не должна определяться присутствием/отсутствием при нем персонала.

Относительно «легких» (среднеактивные отходы, САО и низкоактивные отходы, НАО) РАО в российском варианте наземных/приповерхностных

могильников вывод о слабости решений (по результатам, законодательная база их не рассматривается) также, видимо, возможен и впервые, как и обосновывающий его анализ (анализа других авторов мы не встречали), представлены в данной статье. Тем самым, - относительно системы в России в целом. На это указывает, прежде всего, факт возврата ФГУП «НО РАО» к идее могильника на Новой Земле. Своевольного возврата к ранее признанной ошибкой идее без опровержения/объяснений по поводу прежнего отрицательного заключения Горного института КНЦ РАН (вновь пренебрежение достижениями академических ученых) и международного консорциума, прежнего решения Минатома (где уважение к предшественникам по отрасли?) отказаться от этой идеи. Будут ли рады такому варианту другие пользователи акватории, шельфа и прилегающей территории? Прежде всего – военные. Когда в Арктике создается мощный оборонительный рубеж. Или газовики Ямала, где «ГАЗПРОМ – национальное достояние» осуществляет ряд крупных проектов. Когда федеральные власти в очередной раз обозначили приоритетность финансирования на Северо-Западе РФ традиционных отраслей хозяйства Архангельской области, а не Мурманска. Возможен новый ракурс претензий со стороны давних оппонентов - экологов, а также представителей тепловой энергетики - по поводу слабо обоснованных амбиций Росатома, безоговорочно поддерживаемых государством. И ядерный полигон России еще понадобится, чтоб «ружья» и «мозги» по настоящему прочистить.

Для одного из уральских (Новоуральск), на земной поверхности (при заглублении днища конструкции всего на 7 м), могильников РАО 3 и 4 категории (САО и НАО) сами же его создатели признают, что он будет опасным тысячи лет. Да и для второго (Озерск) уральского их оценки аналогичны. Поэтому-де вскрывать могильники не планируется. Что, за тысячи лет не будет желающих вскрыть их? Можно было бы спросить и классическое: «А будут ли вечно могильники выдерживать «падения самолетов»? Или напомнить про принцип ответственности их создателей перед будущими поколениями! Или поинтересоваться планируемыми эксплуатационными расходами! Или задать вопрос по строительным материалам: сколько циклов замораживания-оттаивания выдержит гидроизоляция?

В России существуют нормы для САО и НАО при их захоронении, предусматривающие ограничения состава и активности отдельных изотопов. Эти ограничения позволяют принять за интегральную норму срок опасности могильника в 300 лет (что тоже немало). Но это же не тысячи лет и не вечность, о которых заявили создатели уральских приповерхностных могильников. Что это – произвол, пренебрежение теорией и нормами уже в начале пути? На каком основании считается, что можно на земной поверхности, в своей

стране, размещать тысячелетней опасности объекты? Чего проще, с точки зрения условия «вечной» изоляции, учитывая нужную в нынешних условиях экономию средств, всю разработанную конструкцию могильника с ее достоинствами ДОПОЛНИТЕЛЬНО вписать в отработавший свое карьер. Всю снабдить еще одним бесплатным барьером. В принципе, любой карьер необходимого объема и приличной глубины улучшит ситуацию по сравнению с поверхностью. Оптимально, если вмещающие карьер породы (их отдельные участки) будут хорошего качества, на уровне норм для пород подземных могильников. На Урале нет проблем с наличием карьеров (да и подземных отработавших выработок). И поверх могильника в карьере предусмотреть мощную породную засыпку. Тогда можно избавиться от несанкционированного вскрытия могильника подавляющим большинством возможных способов. Хоронили же немцы именно «легкие» РАО в бывших подземных рудниках!

Примеры для рассмотрения. Недалеко от Новоуральска расположены карьеры Баженовского месторождения асбеста. Вблизи ПО «Маяк» - карьер АО «Костанайские минералы». Гидрогеологические условия месторождений простые, горные породы имеют слабую водопроницаемость. Возможно, что вмещающие асбест серпентинитовые породы аналогичны по инженерно-геологическим и сорбционным характеристикам породам Печенги, которые давно рассматриваются как перспективные для размещения РАО в специально созданных либо в выведенных из эксплуатации горных выработках. Дело за малым: «скрестить» подходы Печенги и Новоуральска/Озерска применительно к площадкам месторождений асбеста. Ранее показано, что потенциал Печенги в проблеме захоронения РАО может быть адаптирован и к горно-геологическим условиям медно-никелевых месторождений Канады. Видимо, возможны в этом ракурсе аналогии и между месторождениями асбеста России и Канады. Наиболее привлекательным по экономике и экологии вариантом для асбестовых карьеров может быть создание из доступных пока пространств карьеров в их бортах подземных камер/проработанных во множестве проектов модулей (РАО-модулей) со всем необходимым комплексом классических барьеров безопасности. Получится подземное хранилище со всеми преимуществами по безопасности, без непродуктивных затрат на вспомогательные выработки и с минимальными/нулевыми эксплуатационными расходами. Комбинированный способ разработки – достаточно распространен в горнодобывающей промышленности. Есть в истории человечества «комбинированный» город Petra. Почему бы не быть комбинированным размещению в геологической среде особо опасных отходов? Комбинированным в двояком смысле: горные

предприятия двойного назначения и горные выработки двух типов. И базовые горнорудные предприятия получают работу. Сокращение спроса на асбест привело к закрытию многих рудников. Есть еще вблизи Озерска выводимые из эксплуатации выработки на месторождениях медных и никелевых руд! Или схожие с Печенгой наземно-подземные комплексы Сибая и Учалы – Новые Учалы.

Часто употребляемое «доказательство» относительно российских наземных могильников, что «так делают за рубежом», требует проверки. Во-первых, все так «ружья кирпичом не чистят». Германия так не делает изначально и принципиально. Швеция, Финляндия и Норвегия: сколько наработано РАО в энергетике либо науке, медицине и промышленности – все под землю, хотя и в разных вариантах соответственно опасности отходов. Пример этих стран характеризует весь спектр возможных подземных захоронений по объемам отходов/камер. И Франция будет хоронить САО в подземном могильнике – CIGEO. Как и Великобритания – NIREX. США, классификация РАО которых отличается от европейской, под землей хоронят не только высокоактивные, но и трансурановые РАО условно средней активности. Чем обусловлено отсутствие такой отдельной категории отходов в России при схожести структур ядерных отраслей США и РФ – не желанием ли втихую избежать дополнительного подземного строительства? Где российский аналог американского подземного могильника WIPP для военных трансурановых отходов? Достигнут ли ядерный паритет применительно к РАО? В Канаде выбрали подземный вариант для САО и НАО. Против конкретной площадки, правда, общество активно протестует, но по причине ее расположения вблизи Великих Озёр, которые служат источником пресной воды для десятков миллионов жителей.

Во-вторых, те, кто делают - вполне вероятно, что так да не так. И вопрос не в том, будет ли в России обеспечено то же качество строительных работ, что и там, где «делают». Да, конструкция российских наземных объектов заимствована, в основном, у зарубежных аналогов. Вопрос в схожести/различии составов РАО (прежде всего, по изотопам; и есть ли в составе зарубежных РАО таких категорий трансурановые изотопы, которые, например, планируются для могильника в Северске), если в российском варианте употребляют слово «вечный». Есть ли у таких стран отходы технологий ядерного топливного цикла либо военной деятельности? Хотелось бы документальных доказательств, что за рубежом уже при общественном обсуждении и проектировании таких объектов они имеют статус «вечных». Многие страны долгоживущие отходы средней активности выделяют из общего объема САО для подземного захоронения. В-третьих, далеко не все страны обяза-

тельно хоронят РАО на промышленных площадках ядерных объектов. В России такое обязательство - канон, что, конечно, заставляет лукавить при доказательстве научности геологического выбора (которому по правилу «3 условий» отведено третьестепенное значение) площадок для могильников. Чаще площадки сразу назначают по месту. Но даже если сначала вроде бы ищут долго и «по науке», итог тот же: Копорье трансформировали в Сосновый Бор, Нижнеканский гранитоидный массив – в промплощадку Красноярского ГХК (в фильме 2016 г. о Красноярском могильнике гнейсы площадки противопоставляются гранитам, <http://www.atomic-energy.ru/video/64618>). В-четвертых, зарубежные приповерхностные хранилища НАО и САО либо уже затратно реконструируются, либо вероятность этого со временем высока. Их удел, который вменяют и России, - перманентная (на много веков) реабилитация. Впрочем, в Росатоме, видимо, привыкли гордиться бесконечным финансированием проблемы отходов. Разве это требуемое экономической ситуацией в стране снижение бюджетных трат? В-пятых, основные приповерхностные хранилища (и только НАО) главного «идеолога» такого вынужденного захоронения первых лет атомной гонки – США находятся в более теплых, чем российские, регионах. Это не российские условия по атмосферным осадкам и фазовым переходам вода-лед. И, в-шестых, часть наземных могильников в России уже сейчас фактически имеют статус международных.

Так что тезис «так делают за рубежом» очень сомнителен. В подавляющем большинстве случаев он глубоко ошибочен. Похоже, дружное устремление за рубежом к подземным могильникам – реакция на сложную мировую обстановку. Копирование чужих, старых и не лидирующих тенденций по захоронению РАО - занятие не очень достойное. Если за рубежом вечную безопасность наземным могильникам не обещают и поставщики РАО для них не аналогичны российским, то сравнения с ними неуместны. Нужно ли плодить радиоактивные курганы, котлованы и болота подобно «могильнику» Карачай? А то они, доступные для зарубежных воздушно-космических сил, «храни Бог войны», как раз и могут «стрелять» как «грязные бомбы», тиражируя радиоактивные следы наподобие Восточно-Уральскому и Чернобыльским. Во время войны ядерные объекты станут целями. Около могильника в Ростовской области война уже рядом. Да и без войны трансформация споров о проблеме РАО в конкретные и наглядные, опасные наземные «чудеса технологий» лучше всего убедит в том, что «Такой хоккей нам не нужен!» И прежние места штатного накопления РАО на поверхности оптимизма не внушают.

Государство взяло на себя и расходы по аварийным отходам. Есть мнение, что негативные следствия в денежном эквиваленте за тридцать лет

только в связи с чернобыльскими отходами перекрыли весь положительный экономический эффект от ядерной энергетики в СССР. Россия пока не приступила к оценке весьма затратного из-за отходов массового вывода ядерных объектов из эксплуатации. А это не за горами. Новые значительные объемы РАО еще более осложняют ситуацию. Что, и их размещать на поверхности? В Германии, которая уже на практике решает проблемы этой стадии, сразу возникли трудности с представлениями об экономике захоронения РАО. Как и во всем мире. Цена вопроса с трудом поддается исчислению. Относительно облученного реакторного графита вообще в мире нет даже начальных представлений о захоронении (разве что российское «высокотехнологичное» предложение засыпать его глиной на рабочем месте).

Сильные решения по всем категориям РАО можно найти в кооперации с теми, кто более осведомлен в геологии и горном деле нежели ФГУП «НО РАО», а также имеет для реформирования под задачу отходов природно-техногенные объекты. Возможные партнеры - АЛРОСА, Норникель, Северсталь, важнейшая характеристика пород на объектах этих компаний – водопроницаемость – в сравнении с зарубежными могильниками РАО приведена в работах [1,2], или гиганты нефтегазовой отрасли, которым в трудные времена разумно было бы позаботиться о диверсификации деятельности в сфере недропользования. Опыт заимствований Росатомом технологий нефтегазовой отрасли уже есть. В РФ в течение 45 лет было удалено в глубокие изолированные горизонты-коллекторы около 50 млн. м³ жидких РАО. Ситуация была более тяжелой – отходы в подвижной форме. Но геологические условия заблокировали им выход на поверхность аналогично локализации в недрах месторождений углеводородов. Геология и горное дело несравнимо более зрелые отрасли с богатым и надежным опытом по сравнению с ядерной. Уже это является основанием для использования Росатомом их «мудрости» в пограничных технологиях. При ориентации на зарубежные ВАО, прибыль - сотни миллиардов долларов [3,4].

Все дальше нагнетается ситуация вокруг и внутри страны. Например, современные «террористы», «против которых» воюют по состоянию на февраль 2016г. 5 авианосцев, армии двух стран и совершили 70 тыс. боевых вылетов самолеты США и России. Заметна деятельность их представителей на Урале. При этом сложно понимать слабое и с небезупречными аргументами присутствие (в основном, рекламно-пропагандистское и с дозированной научной аргументацией от «своих/удобных людей») в публичном профессиональном пространстве по поводу поднимаемых вопросов непосредственно специалистов Росатома, ФГУП «НО РАО» и рабочей группы Общественного совета Росатома по вопросам размещения объектов изоляции РАО.

Впервые на Мурмане мысль обратить внимание на существующие местные горные выработки была высказана в 1991 году на первом региональном техническом совете в Управлении капитального строительства Кольской АЭС-2 по проблеме захоронения РАО (представители КАЭС, Московского института «Атомэнергoproject», ВНИИАЭС, КНЦ РАН и Гидроспецгеологии) одним из гидрогеологов. Статья посвящается тому незнакомому авторам гидрогеологу, а также памяти горняка Гущина Владимира Васильевича и геолога Баржицкого Всеволода Викторовича, соучаствовавших тогда на техсовете КАЭС в защите первого крупного и кольской «выпечки» отчета по проблеме, геолога Гавриленко Бориса Викторовича, первым (1999г.) поддержавшего идею перспективности Печенгской структуры для захоронения РАО.

Выводы. 1. Реализуемая в России система захоронения основных категорий отходов во многом противоречит передовому зарубежному опыту, опасна, дорога с учетом времени опасности, подлежит объективной ревизии преимущественно вне рамок разработавших ее организаций и модернизации. Создаваемые «могильники», как не соответствующие эволюционировавшим базовым понятиям, реальной практике многих стран и международной обстановке, трудно назвать захоронениями (скорее, «внутризаводскими складами» долговременного хранения на объектах Росатома), системой зарубежного образца или примером техногенной безопасности.

2. Зарубежный опыт, прежде всего – стратегию, лучше перенимать у Германии, Финляндии, Швеции, Норвегии. Совершенствуя приоритетное подземное захоронение по пути сочетания отработавших и вновь создаваемых, а также упрощения специализированных горных выработок как следствия применения ГИП (горячее изостатическое прессование) -кондиционирования ВАО и САО. Иными словами, необходимо к опыту передовых стран «прививать» элементы комбинированной системы разработок горнорудной отрасли и новых технологий кондиционирования, а все вместе - адаптировать к существующим природно-техногенным объектам с целью повышения безопасности и снижения капитальных/эксплуатационных затрат.

3. Целесообразно создавать горные предприятия двойного назначения – новые горно-химические комбинаты. Приоритетными при этом должны быть северные/арктические территории, подлинно публичное и научное обоснование объектов. Стремительно развивающийся международный рынок захоронения ядерных отходов, на котором Росатом желает достойно присутствовать, не потерпит доминирования опасных кулуарных решений.

P.S. Дело захоронения РАО будет, видимо, поправлено, если за него берется Курчатовский институт, характерными для которого являются конвергенция разных наук и технологий, природоподобный технологический

уклад (Соглашение с Росатомом от 08.02.2016). Тем более, что существует целеполагание Росатома о стремлении к достаточно спорной радиационной эквивалентности отходов завершающих стадий ядерного топливного цикла относительно исходного урана в руде. Мы предлагаем новую, более реальную, версию этого эколого-идеологического канона: «Взял руду из горных выработок – верни твердые отходы в горные выработки!»

ЛИТЕРАТУРА

1. Комлев В.Н., Бичук Н.И., Зайцев В.Г. и др. Социально-экономические предпосылки нетрадиционного участия сырьевых отраслей в ядерных программах // Ресурсы регионов России. - 2000, № 3. - С. 2-10 и Вестник Удмуртского университета. Проблемы теории и практики экономической науки. – 2000, №9. - С. 169-194.

2. Komlev V.N. Native Nuclear Programmes, Generation's Responsibility, Regional Geological Experience and Site Selection for Underground Disposal of Potentially Super-Dangerous Materials // Industrial Minerals: Deposits and New Developments in Fennoscandia. Petrozavodsk, 1999. P. 150-153.

3. Самаров В.Н., Непомнящий В.З., Комлева Е.В. ПОДЗЕМНОЕ ХРАНЕНИЕ/ЗАХОРОНЕНИЕ ОЯТ/РАО: НОВЫЙ ПУТЬ / ТРУДЫ ВТОРОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ, ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ, «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АЭС». - Калининград, 20 – 21 октября 2015 г. – Изд-во «Аксиос», Калининград, 2015. – С. 135-148.

4. Самаров В.Н., Непомнящий В.З., Комлева Е.В. Концепция Кольского международного кластера технологий обращения с высокоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом / Геология и стратегические полезные ископаемые Кольского региона. Труды XII Всероссийской (с международным участием) Ферсмановской научной сессии, посвящённой 80-летию со дня рождения акад. РАН Ф.П. Митрофанова. Апатиты, 6-7 апреля 2015 г. / Ред. Ю.Л. Войтеховский. – Апатиты: Изд-во К & М, 2015. – С. 377-378.

УДК 697.9

СНИЖЕНИЕ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЗДАНИЯ ЗА СЧЕТ ЕГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ И ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ

А.А. Михальченко¹, В.О. Петренко²

¹студентка группы ТГПВ 12-1, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская Государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепрпетровск, Украина, e-mail: alina.mikhalchenko@mail.ru

²кандидат технических наук, доцент кафедры отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская Государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепрпетровск, Украина, e-mail: petrenko@meta.ua