

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
по проекту строительства Ленинградской АЭС-2 (энергоблоки № 1, 2, 3, 4) в
части оценки воздействия на окружающую среду системы охлаждения
конденсаторов

В связи с запросом Постоянной комиссии по экологии Законодательного Собрания Ленинградской области (исх. № 638-2/12-23-0 от 22.05.2012) в лаборатории моделирования и прогноза загрязнения атмосферы ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова» были рассмотрены материалы проекта строительства Ленинградской АЭС-2 (далее ЛАЭС-2) в части, относящейся к оценке воздействия на окружающую среду и здоровье населения (ОВОС) запроектированной системы охлаждения конденсаторов турбин АЭС с применением так называемых мокрых градирен. Следует напомнить, что по результатам ОВОС делается вывод о том, в какой мере принятые в проектах такого рода технические решения обеспечивают соблюдение государственных нормативов и стандартов качества окружающей среды.

Наибольшее внимание при рассмотрении поступивших материалов уделялось анализу содержания следующих документов:

1. Технический отчет «Производство работ по расчетам атмосферной диффузии и исследованию влияния градирен на микроклимат местности в районе площадки Ленинградской АЭС-2» по договору № 2179 от 18.10.2010. Закрытое акционерное общество «Ленэкософт+», С. Петербург, 2010 г. – 106 с.
2. Технический отчет по договору «Расчет выбросов от градирен (5 шт.) Ленинградской АЭС-2 и расчет рассеивания загрязняющих веществ от них в атмосфере». Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха» (ОАО «НИИ Атмосфера»), С. Петербург, 2010 г. – 40 с. (судя по оглавлению, в этом отчете имелось также приложение объемом 760 страниц с результатами расчетов, которое в ФГБУ «ГГО» передано не было).

Для краткости указанные документы будут далее упоминаться в настоящем заключении, как Отчет-1 и Отчет-2, соответственно. Ссылки на остальные

источники информации, использованные при подготовке заключения, будут даваться непосредственно в тексте по мере их упоминания. При этом следует заметить, что, кроме проектных и специализированных научных материалов, информацию о строительстве ЛАЭС-2 содержат различные доступные широкой публике печатные и электронные издания. Общие сведения, в частности, можно найти на сайте Госкорпорации «Росатом». Они приведены также в буклете «Проект – 2006. Основные концептуальные решения на примере Ленинградской АЭС-2», который был издан в 2011 г. Санкт-Петербургским научно-исследовательским и проектным институтом «Атомэнергопроект».

Согласно принятым в проекте техническим решениям предусматривается, в частности, использование мокрых градирен в системе охлаждения. В этих градирнях охлаждение достигается за счет испарения циркулирующей воды, которая разбрызгивается и передает тепло циркулирующему воздуху, выбрасываемому из градирни вентилятором. В случае ЛАЭС-2 из Копорской губы Финского залива должна забираться морская вода, которая характеризуется определенной соленостью и наличием в ней тех или иных загрязняющих веществ. Таким образом, по сравнению с предшествовавшей строительству ситуацией при эксплуатации мокрых градирен ЛАЭС-2 в атмосферу могут поступать добавочные потоки водяного пара, тепла, солей и др. Результирующее тепловое, влажностное, химическое и прочее загрязнение, в принципе, может привести к увеличению нагрузок на окружающую среду и здоровье людей. Оценке масштабов увеличения этих нагрузок и их сопоставлению с действующими в России санитарно-гигиеническими нормативами и критериями качества окружающей среды (в целях решения вопроса об их допустимости) и посвящены анализируемые в данном заключении материалы проекта ЛАЭС-2.

Поскольку ЛАЭС-2 еще находится в процессе строительства, оценка воздействия на окружающую среду и здоровье населения запроектированной в ее составе, но еще не введенной в действие системы охлаждения возможна только с использованием методов моделирования, из которых в настоящее время наиболее эффективными и практическими, по-видимому, являются методы математического моделирования. Эти методы широко применяются в Российской Федерации при

разработке и реализации проектов для объектов энергетики, промышленности, транспорта и др., строительство и/или эксплуатация которых могут вызвать негативные последствия. При этом, как правило, для такой оценки используются так называемые «нормативные» модели и методы, которые в установленном порядке прошли предварительную апробацию и включены в официально утвержденные нормативно-методические документы. В случае же выбросов в атмосферу потоков различных субстанций от градирен ЛАЭС-2 такие модели и документы в России до настоящего времени не были введены в действие. В данной связи для обоснования принимаемых технических решений и оценки связанного с ними воздействия на окружающую среду и здоровье людей в рамках разработки проектной документации была проведена специализированная научно-исследовательская работа (НИР), результаты которой представлены в Отчете-1. По нашему мнению, такой подход представляется оправданным и конструктивным. Вместе с тем, следует подчеркнуть, что к НИР, по результатам которой принимаются решения такого масштаба, общественной и экономической значимости, как строительство ЛАЭС-2, должны предъявляться повышенные требования в части полноты и обоснованности полученных результатов, а также их аprobации на данных экспериментов.

Переходя к характеристике работы, описанной в Отчете-1, следует отметить высокую квалификацию выполнившей ее исследовательской группы и эффективное использование имевшихся у нее заделов. Развитая исполнителями модель распространения в атмосфере выбросов от градирен представляет собой систему из трех последовательно работающих моделей различного пространственно-временного масштаба, первая из которых предназначена для описания распределения метеоэлементов в пограничном слое атмосферы в области размерами порядка $100 \times 100 \text{ км}^2$ (или в несколько раз больше) по горизонтали и 2 км по вертикали при характерном масштабе изменений во времени порядка 3 часов. Вторая модель предназначена для локального (в том числе, с учетом влияния мелкомасштабных препятствий) уточнения полей метеоэлементов и оценки (методом стохастических испытаний) турбулентной диффузии переносимых в атмосфере субстанций в области размерами порядка 2 х

2 км² по горизонтали и 0.5 км по вертикали при характерных временах от нескольких минут до нескольких десятков минут. Наконец, третья модель, предназначенная для описания протекающих в капле микрофизических процессов и ее взаимодействия с окружающим воздухом, соответствует характерным временам порядка долей секунды.

С общих позиций такой подход представляется оправданным, а выполненная исполнителями работа в целом соответствует требованиям, предъявляемым к НИР. Для более конкретной оценки полноты и обоснованности полученных в работе результатов было бы желательно располагать детальным описанием всех основных используемых в модели блоков и параметризаций. К сожалению, в Отчете-1 соответствующее научное описание и обоснование принятых упрощений приводятся в весьма схематичном виде, а целый ряд важных деталей даны вообще без достаточного разъяснения. Не слишком информативным оказался также приведенный в Отчете-1 список литературы, поскольку нам была недоступной часть из указанных там источников, например, технические отчеты ЗАО «Ленэкософт+» по предшествующим договорам или доклад, опубликованный в 1999 г. в материалах конференции, проводившейся на Кольском полуострове. Не привела к существенным результатам и попытка найти необходимую добавочную информацию в других публикациях авторов (см., например, статью М.Е. Баранов, А.С. Гаврилов, К.Б. Чихачев. Численное моделирование воздействия башенных испарительных градирен на окружающую среду. Ученые записки РГГМУ, № 17, 2011 г. – с. 8 – 17).

Тем не менее, даже по тому сравнительно ограниченному материалу, которым мы располагали, можно сделать вывод, что научно-исследовательская работа, результаты которой представлены в Отчете-1, заслуживает положительной характеристики. Если же, однако, оценивать ее применимость для получения пригодных на практике оценок воздействия выбросов от градирен ЛАЭС-2 на окружающую среду и здоровье людей, а также для принятия обоснованных решений о допустимости или недопустимости такого воздействия, то по ее содержанию нужно сделать ряд серьезных замечаний, которые в определенном смысле ставят под сомнение возможность такого ее использования.

В частности, судя по приведенным в Отчете-1 описаниям, в модели не учитываются следующие важные эффекты:

1) Выносимые из градирни с воздушным потоком капли характеризуются определенным распределением по своим размерам, т.е. по массам и, соответственно, по скоростям седimentации (гравитационного оседания). Это означает, однако, что из попавшего в атмосферу парогазового факела быстрее всего, т.е. вблизи градирни, выпадут самые крупные капли, так что на больших расстояниях от градирни по горизонтали в факеле увеличится доля более мелких капель. Если основная часть выбросов градирни сосредоточена в крупных каплях, то в непосредственной близости от нее будет отмечаться значительное выпадение влаги, а количество влаги, переносимое на большие расстояния с мелкими каплями, и, соответственно, ее выпадение будут сравнительно невелики. Если же, наоборот, основная часть выбросов градирни сосредоточена в мелких каплях, то в непосредственной близости от нее будет отмечаться незначительное выпадение влаги, но при этом увеличится количество влаги, переносимое на большие расстояния с мелкими каплями, и, соответственно, ее выпадение. Поскольку размеры капель изменяются также в зависимости от температуры и влажности атмосферного воздуха, скорость обеднения парогазового облака крупными каплями может зависеть и от вертикальной координаты. В рассматриваемой модели, к сожалению, различающиеся по спектру размеров капель скорости седimentации заменены при расчетах на единое постоянное значение (см. формулу (1.14)), что, вообще говоря, может приводить к заметным погрешностям в конфигурации поля выпадения влаги и в соответствующих характеристиках воздействия выбросов от градирен на окружающую среду. Более того, легко видеть, что для каждого расстояния от градирни можно ставить задачу определения такого исходного распределения выносимых из градирни капель по размерам, которому соответствует экстремум (или, в случае задания ограничений на параметры указанного распределения) условный экстремум выпадения влаги и солей на этом расстоянии. В данной связи можно усомниться в справедливости содержащегося на стр. 38 Отчета-1 утверждения о том, что независимо от

расстояния от градирни, на котором рассматривается ее негативное воздействие, наиболее выраженное «наихудшее» воздействие соответствует одному и тому же модальному радиусу выбрасываемых градирнями капель, равному 100 мкм. Если же признать, что это утверждение не соответствует действительности, то полученные в работе оценки выпадений не являются максимальными на всех дистанциях и определенным режимам выбросов из градирен могут соответствовать большие значения выпадений.

2) В рассматриваемой модели процессы, ответственные за возможное негативное воздействие градирен на окружающую среду и здоровье людей учтены только частично. Действительно, в работе моделируется влияние выноса хлоридов из градирен с каплями, но не учитываются эффекты, связанные с переносом хлоридов в виде «сухих» аэрозолей. При этом речь может идти, например, о хлоридах, образующихся в градирне в результате полного испарения капель, или же об аэрозолях естественного происхождения. Вопросы оценки воздействия сухих аэрозолей на здоровье людей рассматриваются ниже. Поэтому в рамках данного замечания ограничимся только обсуждением того, как не учтенные в модели процессы и ответственные за них физические механизмы могут повлиять на достоверность и точность модельных оценок выпадений.

Напомним, что выпадение хлоридов на подстилающую поверхность является результатом совокупного действия нескольких физических механизмов, в том числе:

- а) выпадения на подстилающую поверхность капель морской воды, вынесенных из градирни;
- б) седimentации (гравитационного осаждения) переносящихся в атмосфере хлоридов в виде аэрозолей как естественного происхождения, так и образовавшихся при испарении поступивших в атмосферу из градирни капель;
- в) вымывания из атмосферного воздуха хлоридов различного происхождения падающими каплями влаги как естественного (атмосферные осадки), так и антропогенного (парогазовое облако от градирни) происхождения;
- г) так называемого «сухого осаждения» хлоридов, которое определяется характером их взаимодействия с подстилающей поверхностью.

В рецензируемой модели отражен конкретно только механизм а), в то время, как механизмы б) – г) вообще не обсуждаются. При этом следует отметить, что механизмы б) – г) влияют на выпадение и на значительном удалении от градирен, так что это влияние оказывается на фоновых значениях характеристик выпадения хлоридов, приведенных в разделе 2.3.3 Отчета-1 (к сожалению, в данной работе учитывается только фоновое влияние механизма «в»). При наличии градирен вклад указанных механизмов в результирующее выпадение может измениться. Так, например, известно, что в силу гигроскопичности хлоридов скорость их седиментации сильно зависит от относительной влажности атмосферного воздуха. Таким образом, скорость седиментации хлоридов естественного происхождения, попавших в поступающее из градирни парогазовое облако, может оказаться выше, чем вне этого облака, что приведет к увеличению результирующего потока хлоридов на подстилающую поверхность по сравнению с ситуацией отсутствия градирен. Пренебрежение эффектом захвата хлоридов естественного происхождения падающими каплями, которые вынесены из градирен, и, в особенности, эффектами сухого осаждения на подстилающую поверхность и седиментации выброшенных из градирни хлоридов, т.е. процессами, которые, вообще говоря, имеют место даже без учета выноса из градирен капельной влаги, также может привести к занижению модельных оценок выпадения хлоридов, в частности, в годовом разрезе. Представляется важным либо включить в модель указанные эффекты и провести новые расчеты при более корректном учете рассматриваемых механизмов, либо провести дополнительные исследования и доказать на их основе применимость модели в ее нынешнем виде.

3) Вызывает возражения принятый в работе способ статистической обработки данных метеонаблюдений, в рамках которого при построении многомерных функций распределения определяющих метеопараметров для скорости ветра предлагается использовать всего 4 градации, а для относительной влажности – даже 3 градации. Утверждение о «достаточности» столь малого числа градаций не согласуется с общеизвестными рекомендациями, которые можно найти в стандартных руководствах по статистической обработке данных. Использованный в Отчете-1 выбор количества градаций «из соображений

наиболее равномерного распределения данных по этим градациям» (стр. 34 отчета) не представляется обоснованным как со статистической, так и с физической точек зрения. Действительно, получаемые функции распределения используются в работе как весовые функции, фигурирующие под многомерными интегралами в произведении с теми функциями, через которые в конечном итоге выражаются поля оцениваемых среднегодовых характеристик (например, температур, концентраций или выпадений) и которые, в свою очередь, сильно зависят от определяющих метеопараметров. Такая чувствительность во многом определяется особенностями «искривления» и «начального подъема» вылетающего из градирни парогазового факела в сносящем потоке. Поэтому представляется крайне важной тщательная валидация блока модели, ответственного за описание указанного начального подъема. Вопросам верификации этого блока, однако, в работе вообще не уделено никакого внимания (см. также следующее замечание).

Для приземных концентраций от точечного источника известно, что механизм начального подъема определяет для рассматриваемого источника так называемую опасную (в англоязычной литературе, «критическую») скорость ветра, при достижении которой максимальные приземные концентрации достигают экстремальных значений, а при дальнейшем увеличении скорости ветра - убывают. При использовании трех – четырех градаций для функции распределения едва ли возможно обеспечить корректный учет столь сложной функциональной зависимости в подынтегральной функции, что может привести к заметным погрешностям в вычислении интегралов, содержащих такие функции, т.е. среднегодовых выпадений. К сожалению, оценки этих погрешностей в Отчете-1 не приводятся.

Понятно, что ограничение на количество градаций введено авторами «под давлением обстоятельств» и отражает факт практической невозможности эффективного построения многомерных функций распределения метеопараметров с использованием доступных в нашей стране рядов наблюдений. К сожалению, однако, это не может рассматриваться, как оправдание

использованного подхода, а скорее является свидетельством необходимости его кардинальной корректировки.

4) Серьезные возражения вызывает то, что в Отчете-1 и других доступных рецензентам публикациях авторов, посвященных исследованию влияния градирен на микроклимат местности в районе площадки ЛАЭС-2, нет никакой информации об экспериментальной проверке используемой модели на данных натурных измерений моделируемых характеристик в окрестности хотя бы одной реальной градирни. Те сведения о частичной проверке применимости отдельных блоков модели на данных измерений, которые приведены в Отчете-1, относятся к задачам других, чем в случае градирен ЛАЭС-2, пространственно-временных масштабов или же другой физикохимии. Это утверждение справедливо, в частности, применительно к ссылке в разделе 1.9 «Тестирование и верификация численных моделей» Отчета-1 на данные трассерных экспериментов в Карлсруэ, Германия, в которых на самом деле вопрос о влиянии градирен не ставился и не исследовался.

5) По содержанию Отчета-1 можно также сделать ряд более мелких замечаний. Так, например, излишне оптимистичными и нуждающимися в дополнительных разъяснениях представляются приведенные в разделе 1.9 оценки погрешностей модели в 40% и даже в 15%. В действительности данные валидации моделей атмосферной диффузии, приведенные в многочисленных зарубежных и отечественных публикациях, свидетельствуют о том, что для применяемых в массовых расчетах и, соответственно, хорошо апробированных моделей в случае распространения примеси от одиночного источника погрешности расчета концентрации пассивной примеси в фиксированной точке на подстилающей поверхности и при заданных значениях определяющих метеопараметров составляют сотни процентов. Такие большие погрешности обусловлены, в первую очередь, высоким уровнем случайной изменчивости или «шума» концентраций, измеряемых в реальной турбулентной атмосфере (влияние турбулентности проявляется, например, в «меандрировании» оси факела, т.е. в ее волнообразном искривлении), а не качеством модели. Важно было бы получить разъяснение того, каким образом авторам в их модели удалось исключить влияние атмосферного турбулентного шума.

Переходя к анализу содержания Отчета-2, следует отметить, что организация, сотрудники которой выполнили описанную в этом отчете работу, обеспечила разработку ряда действующих в России нормативно-методических документов в области контроля и нормирования выбросов «химических» загрязняющих веществ в атмосферу, так что высокая квалификация исполнителей работы не вызывает сомнения. Отметим также, что в Отчете-2 представлены результаты расчетов загрязнения атмосферного воздуха, которые были выполнены на основе утвержденных в установленном порядке нормативно-методических документов и с применением согласованных в установленном порядке компьютерных программ. Представленные в Отчете-2 материалы выглядят убедительно и свидетельствуют о том, что по всем рассмотренным вредным примесям их выбросы в атмосферу от градирен ЛАЭС-2 не приведут к превышению соответствующих предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, которые установлены Минздравом РФ в качестве санитарно-гигиенических нормативов. Более тщательный анализ этих материалов показал, однако, что в проведенных расчетах не были учтены выбросы всех вредных примесей, поступающих в атмосферу от градирен. Конкретнее, в Отчете-2 отсутствуют расчеты концентрации фракций мелкодисперсного аэрозоля с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм и менее 2.5 мкм (далее эти фракции аэрозолей будут обозначаться, соответственно, как PM10 и PM2.5). Ниже приводятся дополнительные разъяснения по этому вопросу.

Результаты обширных исследований, которые были проведены за рубежом и в России и суммированы в публикациях Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), свидетельствуют о том, что мелкодисперсные атмосферные аэрозоли оказывают выраженное негативное воздействие на здоровье людей. В промышленно развитых странах для мелкодисперсных аэрозолей уже много лет установлены и действуют стандарты качества атмосферного воздуха, которые по смыслу аналогичны отечественным ПДК. В России такие стандарты были введены в действие Дополнением № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 от 19.04.2010 г. Для концентраций каждой из указанных фракций

мелкодисперсного аэрозоля, PM10 и PM2.5, этим дополнением установлены **три** различных значения ПДК в атмосферном воздухе населенных мест, соответствующие временам осреднения 20 минут, 1 сутки и 1 год.

Анализ эмпирических функций распределения атмосферных хлоридов по размерам показывает (см., например, классический учебник по атмосферной химии и физике Зайнфелда и Пандиса), что основной вклад в их массовую концентрацию вносят частицы диаметром до 8 мкм. Таким образом, атмосферные хлориды являются одной из составляющих PM10, а их фракция диаметром менее 2.5. мкм «входит» в PM2.5. Из литературных данных известно также, что градирни являются источником выброса хлоридов в атмосферу и что эти выбросы на практике учитываются за рубежом при требуемых по закону расчетных оценках воздействия атомных электростанций на окружающую среду. В подтверждение данного тезиса можно сослаться на следующие публикации:

Cooling tower impact analysis for the Entergy Indian Point Energy Center, Westchester County, New York, prepared for Entergy Nuclear Indian Point 2, LLC; Entergy Nuclear Indian Point 3, LLC. Prepared by TRC Lyndhurst, New Jersey as a subcontractor to: Enercon Services, Inc., Kennesaw, GA. September 1, 2009. 41 p.

Air Quality Analysis for Modifications to Calvert Cliffs Nuclear Power Plant Unit 3. Prepared for: Calvert Cliffs 3 Nuclear Project, LLC and UniStar Nuclear Operating Services, LLC Lusby, MD. AECOM, Inc., November 2009, Document No.: 01878-158-0002. 73 p.

Остается заметить, что в связи с использованием в градирнях ЛАЭС-2 морской воды, они без всякого сомнения будут выбрасывать в атмосферу хлориды, воздействие которых в составе PM10 и PM2.5 на здоровье людей должно учитываться в рамках ОВОС. Проведение расчетной оценки воздействия этих выбросов на окружающую среду и здоровье людей представляется крайне важной и необходимой задачей. При этом следует подчеркнуть, что такая оценка, согласно требованиям российских нормативных документов, должна проводиться с учетом вклада в загрязнение воздуха фоновых концентраций указанных примесей, которые в районе размещения ЛАЭС-2 содержатся в атмосферном воздухе независимо от выбросов от градирен. Поскольку для каждой из

указанных примесей гигиенистами установлены три норматива ПДК, в рамках этой оценки должны быть рассчитаны поля концентрации с упомянутыми выше тремя временами осреднения, хотя в принципе, если бы удалось показать, что лимитирующим является, например, поле концентрации соответствующее какому-то одному времени осреднения, то можно было бы ограничиться только одним соответствующим расчетом.

В заключение можно сформулировать краткие выводы из выполненного анализа:

1) В рамках подготовки оценки воздействия на окружающую среду и здоровье населения (ОВОС) запроектированной системы охлаждения ЛАЭС-2 с применением мокрых градирен разработчиками Отчета-1 и Отчета-2 был выполнен обширный цикл исследований на высоком научном уровне.

2) При анализе результатов этих исследований были, однако, обнаружены, определенные недостатки, которые препятствуют непосредственному использованию полученных результатов на практике при принятии решений о соответствии выбросов от мокрых градирен ЛАЭС-2 требованиям, вытекающим из условия соблюдения российских национальных санитарно-гигиенических нормативов и стандартов качества окружающей среды.

Зав. лабораторией моделирования и прогноза загрязнения атмосферы ФГБУ «ГГО», д.ф.-м.н.

Е.Л. Генихович
Е.Л. Генихович

Ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н.

Оникул
Р.И. Оникиул

Отзыв рассмотрен и одобрен на семинаре лаборатории моделирования и прогноза загрязнения атмосферы ФГБУ «ГГО».

Секретарь семинара

Яковлева
Е.А. Яковлева

Подпись руки Е.Л. Гениховича, Р.И. Оникиула и Е.А. Яковлевой заверяю.

Ученый секретарь ФГБУ «ГГО»

Е.Л. Махоткина

25 июня 2012 г.

