

УДК 621.039.58

**ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА КОЛИЧЕСТВА
РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ГРУНТАХ НА ПРОМПЛОЩАДКЕ ВОКРУГ
РАЗРУШЕННОГО 4-го БЛОКА ЧАЭС**

*Панасюк Н.И., Ключников А.А., Подберезный С.С., Скорбун А. Д.,
Алферов А.М., Оружий А.П., Левин Г.В., Канченко В.А.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработан Концептуальный проект создания новой оболочки над разрушенным 4-м энергоблоком ЧАЭС (объектом "Укрытие"), который называется новый безопасный конфайнмент (НБК).

Сооружение НБК предполагает устройство котлованов для фундаментов. Глубина котлованов в зависимости от гипсометрии дневной поверхности составляет преимущественно от 3 до 10 м. Ширина котлованов равна 18 м. Предполагается устройство двух лент фундаментов: северная и южная длиной около 370 м каждая. А также северная длиной 130 м и южная длиной 35 м торцевые ленты.

Устройство фундаментов нового безопасного конфайнмента (НБК) связано с большими объемами извлекаемого из котлованов радиоактивно загрязненными грунтами. Эти грунты могут являться твердыми радиоактивными отходами (РАО) от первой до третьей категории со всеми вытекающими проблемами обращения с ними. В работе рассмотрено применение геоинформационной системы (ГИС) для оценки объемов радиоактивных отходов в местах устройства фундаментов НБК (новая оболочка над разрушенным 4-тым блоком ЧАЭС). Разработан метод применения ГИС-технологий для обработки данных полевых исследований. В среде ArcGIS были связаны база экспериментальных данных и разработанная нами математическая модель радиационных условий в грунтах вокруг объекта «Укрытие» (разрушенный 4-й блок ЧАЭС). Благодаря такому подходу выполнен прогноз количества РАО, представленных грунтами, которые извлекаются в пятне проектируемого фундамента НБК, для обоснования оптимальных строительных решений при проектировании обращения с радиоактивно загрязненным грунтом и обеспечения радиационной безопасности проведения земляных работ.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исследования уровней пространственного распределения радиоактивных материалов в грунтах вокруг разрушенного аварией 4-го блока ЧАЭС выполняется с помощью бурения скважин или в процессе проходок строительных котлованов.

При этом основными методами определения уровней и пространственного распределения радиоактивных материалов в грунтах являются:

гамма-каротаж и спектрометрический гамма-каротаж скважин;
отбор проб грунта из керна скважин или из котлованов и проведение лабораторных радиометрических измерений и радиохимических анализов.

Вмещающие радиоактивные материалы грунты локальной зоны объекта «Укрытие» и промплощадки ЧАЭС по условиям образования подразделяются на четыре слоя:

- послеаварийные техногенные;
- "активный" слой;
- доаварийные техногенные;
- естественные аллювиальные отложения.

Наибольшую радиационную опасность представляют грунты активного слоя, гипсометрически совпадающего с доаварийной поверхностью промплощадки ЧАЭС. По данным гамма-каротажа скважин МЭД от грунтов активного слоя может достигать 10 Р/ч. Кровля активного слоя залегает на глубинах преимущественно 1,7 – 2,7 м, реже 3,4 – 6,5 м, а на участках устройства пионерных стен – 8,4 – 10,1 м. Мощность активного слоя изменяется от 0,15 до 0,6 м, а в местах локализации контейнеров с ВАО – до 2 м.

Результаты гамма-каротажа скважин и лабораторные определения активности радионуклидов в пробах грунта позволяют оценить характеристики радиоактивного загрязнения грунтов по глубине в местах расположения выработки. Однако распространение имеющихся разрозненных данных на всю территорию вообще и на участки устройства проектируемых котлованов НБК в частности представляет определенные сложности из-за крайне неравномерного распределения радиоактивных материалов в грунтах по площади и по глубине. Предлагается решение поставленных задач с помощью применения ГИС-технологий, имеющих для этого необходимые инструменты.

Особенностью обеспечения радиационной безопасности при проведении земляных работ для устройства фундаментов сооружений является необходимость контроля извлеченного и вскрытого грунта по величине мощности экспозиционной дозы (МЭД). Практический опыт проведения земляных работ на ЧАЭС показывает, что определение категории РАО, в том числе высокоактивных (ВАО), производится путем измерения МЭД на расстоянии 10 см от грунта. Таким образом, для прогнозирования количества ВАО при разработке котлованов под фундаменты, возникает необходимость построения карты распределения МЭД на расстоянии 10 см от кровли вскрытого активного слоя. Для этого были выполнены расчеты по следующей методике. Было рассчитано гамма-поле на расстоянии 10 см от поверхности для параллелепипедов с единичной активностью, толщина которых соответствует мощности активного слоя, а в горизонтальном сечении соответствует размерам котлована.

Таким способом была построена таблица коэффициентов для пересчета значения удельной активности ^{137}Cs в грунтах, полученной по данным гамма-каротажа скважин, в значения МЭД на расстоянии 10 см от кровли активного слоя.

По этим данным построен график, позволяющий оценить категорию РАО в зависимости от активности и мощности слоя (рис.1).

В результате ранее проведенных работ создан набор данных, включающий координаты скважин, мощность и положение активного слоя, удельную активность грунта вокруг каждой скважины [1,2]. Эти данные программно записываются в специальный файл, к которому обращается ArcGIS и в дальнейшем манипулирует с записанными в нем данными.

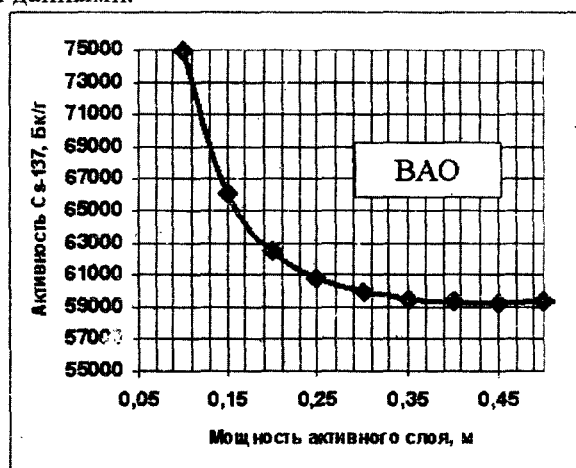


Рис.1. Граничные значения параметров активного слоя для ВАО.

На основании этих данных, средствами лицензионного программного обеспечения ArcGIS 8.3 (ArcView 8.3, модули Spatial Analyst и 3D Analyst) построены карты параметров активного слоя загрязненных грунтов локальной зоны ОУ: распределения удельной активности ^{137}Cs , мощности, глубин залегания кровли и подошвы. Затем построена карта распределения РАО по данным МЭД на участке фундамента НБК (рис. 2), и определены объемы НАО, САО и ВАО (табл.1). Ширина ленты фундамента принята равной 18 м. Грунты, залегающие выше активного слоя, отнесены к НАО. При этом следует обратить внимание на такую особенность: высокоактивные отходы под бермой южной пионерной стены – участок "ВАО-3" – определены впервые (рис.2).

Таблица 1

Количество НАО, САО и ВАО на участке фундамента НБК

Участок	Объем, м ³	МЭД, Р/ч	Глубина залегания, м	Мощность, м
ВАО-1	300	1-3,5	2,7 - 3	0,1-0,26
ВАО-2	110	1-28	5,6-5,7	0,3-0,4
ВАО-3	420	1-1,1	1,6-10	0,36-0,58
Всего ВАО	830			
Всего САО	4308	0,01-1		
НАО-послеаварийные грунты	59920			1,9 - 10

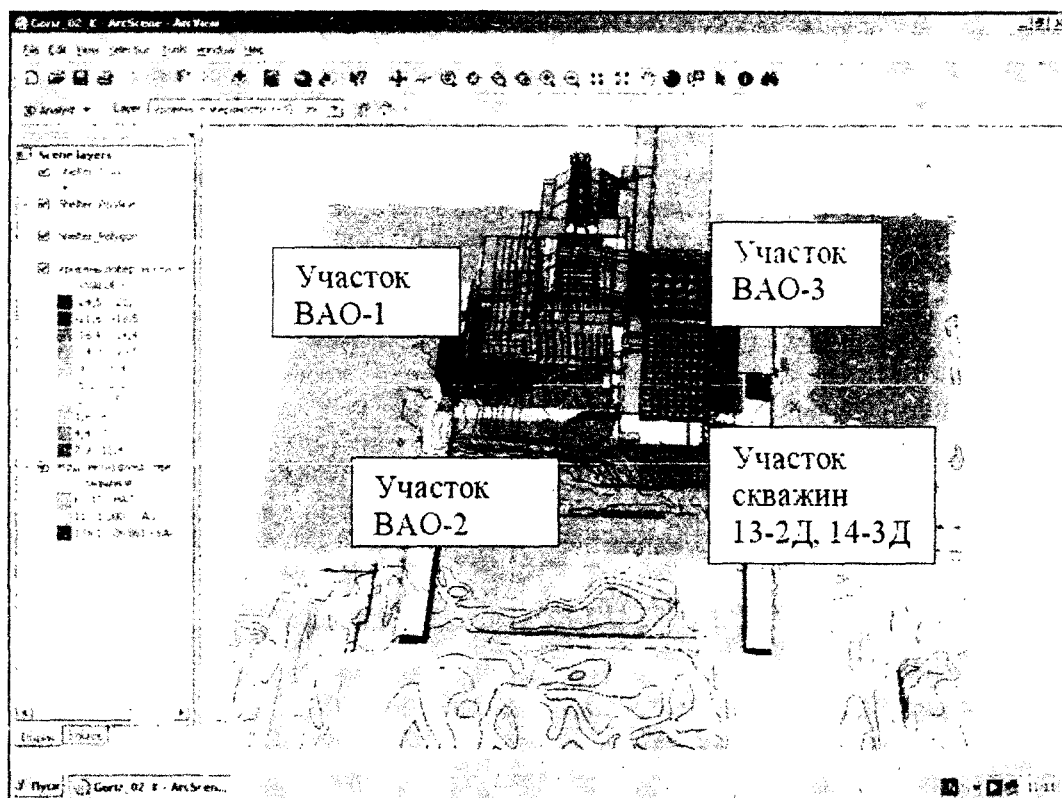


Рис.2. 3D модель поверхности распределения РАО на участке фундамента НБК

Это стало возможным за счет применения вышеописанного комплексного подхода, который учитывает результаты обработки гамма-каротажа скважин, мощность активного слоя, существующую практику проведения земляных работ и использования ГИС-технологий для обработки данных.

Растровые поверхности мощности активного слоя и распределения удельной активности ^{137}Cs созданы из входных точечных данных интерполяцией с помощью метода обратно взвешенных расстояний. Выбор данного метода обусловлен тем, что точки измерения (скважины) распределены неравномерно [2]. Карта коэффициентов для пересчета удельной активности в МЭД построена в ArcGIS Spatial Analyst переклассификацией значений мощности активного слоя. Карта МЭД получена умножением растровых поверхностей распределения удельной активности ^{137}Cs и карты коэффициентов.

В документе «Стратегия обращения с радиоактивными отходами при проведении земляных работ» [3] указано, что при создании фундаментов НБК может быть изъято до 120 м^3 ВАО – величина значительно меньшая данных табл.1, но в нем не приведена методика расчета. Имеется также указание на то, что это предварительные данные, а «окончательный объем РАО будет определен после

получения технических решений по фундаментам в документе FD-301 и FD-302» [2].

Для ужесточения методики расчета нами были внесены коррективы – введен барьер интерполяции – полилиния, используемая для установки границы поиска точек измерений, и определен коэффициент пересчета для каждой скважины. При расчете барьером интерполяции служит линия, ограничивающей контур растекшегося бетона и пионерной стены машинного зала (рис.2). Для данного случая объемы ВАО получаются несколько меньше за счет снижения значений удельной активности ^{137}Cs и мощности активного слоя.

Необходимо обратить внимание и на факт в данном случае уменьшения расчетной величины МЭД на участке ВАО-3 до 900-960 мР/час (южная лента фундамента НБК), что обусловлено снижением коэффициента пересчета распределения удельной активности ^{137}Cs в МЭД за счет изменения метода построения – интерполяцией данных по скважинам.

Если принять величину погрешности измерений в скважинах 25%, то к ВАО необходимо отнести грунты с МЭД >750 мР/час. Объемы и параметры участков ВАО для данного варианта расчета сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Количество ВАО на участке фундамента НБК

Участок	Объем, м ³	Площадь, м ²	МЭД, Р/ч	Глубина залегания, м	Мощность, м
ВАО-1	214	1075	0,75-2,8	2,7 - 3	0,17-0,3
ВАО-2	31	106	7-28	5,6-5,7	0,21-0,3
ВАО-3	235	2268	0,75-0,96	1,6-10	0,1-0,16
Всего ВАО	480				

Для наилучшего соответствия расчетных значений реальным, в разных случаях следует использовать различные способы интерполяции, в зависимости от того, какое явление отражают значения и как распределены точки замеров. Однако при любом методе интерполяции качество результата прямо пропорционально количеству исходных точек [1]. Участок ВАО-3 характеризуется довольно высокими значениями удельной активности ^{137}Cs и МЭД, измеренной в скважине (табл.3). Учитывая большую площадь этого участка – 2268 м² – и значительный разброс величин МЭД, полученных интерполяцией, по длине фундамента (рис.3) представляется целесообразным провести дополнительные исследовательские работы для получения данных, характеризующих активный слой на южной ленте фундамента НБК.

Таблица 3

Параметры активного слоя

Параметры активного слоя Скважина	МЭД, мР/ч	Активность ^{137}Cs , Бк/г
13-1А	747,1595	46668,3
14-3Д	975,4675	73123,5

Подтверждением этому могут служить работы по обследованию скважин БИС-СК (название скважин проектное), пробуренных для цементации грунтов основания фундаментов сооружения по мероприятию № 2 проекта стабилизации конструкций объекта "Укрытие". На участке площадью 1344 м² количество ¹³⁷Cs подсчитанное ранее составило 0,613 * 10¹⁴ Бк. При учете данных по 10 новым скважинам БИС-СК количество ¹³⁷Cs на том же участке составило уже 0,735 * 10¹⁴ Бк, что на 20% больше предыдущего результата.

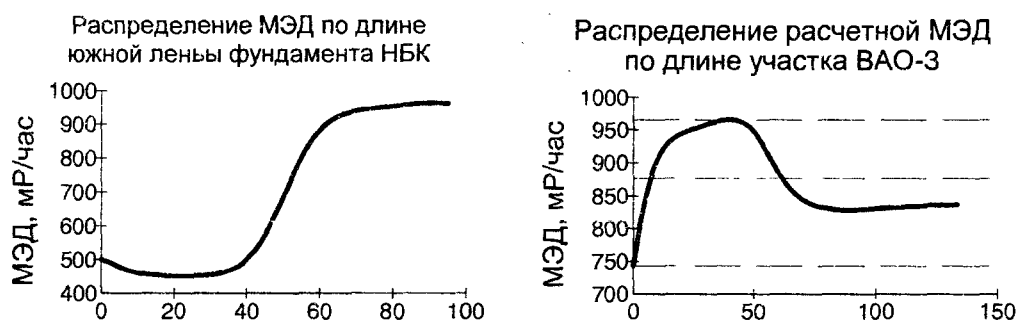


Рис. 3. Графики распределения интерполированных значений МЭД на участке скважин 13-2Д – 14-3Д (слева), и распределения МЭД на участке ВАО-3 (справа), полученные при помощи инструмента 3D Analyst "Создать график профиля".

Список литературы

1. Скорбун А.Д., Панасюк М.І. "Математична модель радіоактивного забруднення ґрунтів локальної зони об'єкта "Укриття" // Проблеми Чорнобиля. Вип. 13. 2003. – 172 с.
2. Подберезный С.С., Панасюк Н.И., Оружий А.П. Применение технологий геоинформационных систем при обработке данных радиозоологического мониторинга в районе объекта "Укрытие" // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. Вип. 2 2005. – 168 с.
3. Джилл МакКой, Кевин Джонстон. ArcGIS Spatial Analyst. Руководство пользователя // Russian Translation by DATA+, Ltd. – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2002. – 216 с.
4. Проект фундамента – Стратегия обращения с радиоактивными отходами при проведении земляных работ. FD-305, редакция А. План Осуществления мероприятий на Объекте «Укрытие». Концептуальный проект нового безопасного конфаймента. Чернобыльская атомная электростанция – 4 энергоблок. ГСП ЧАЭС. Киев, Украина, 2003. – 56 с.

Статья поступила в редакцию 25.04.06