

**Т. Д. Лев***Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Лысогорская 12, корп. 106, Киев, 03028, Украина***УЧЕТ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИИ  
ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТОВ КОНТРОЛЯ  
АЭРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ВЫБРОСАХ АЭС**

Перенос, рассеивание и осаждение радиоактивных веществ при выбросах АЭС определяются как физико-географическими условиями региона, так и метеорологическими условиями, которые неоднородны в зависимости от особенностей подстилающей поверхности и свойств рельефа. Проведенный картографический анализ цифровой модели рельефа, как одного из самых важнейших факторов пространственной дифференциации ландшафтных характеристик, позволил установить связь между природно-географическими и климатическими характеристиками территории ответственности АЭС. Разработана процедура классификации населенных пунктов, входящих в территорию 30-километровой зоны АЭС с использованием полученных характеристик. Процедура включает картографирование морфометрических и микроклиматических характеристик и проведение факторного анализа с целью выбора оптимального расположения пунктов контроля аэрометеорологической информации для оценки условий рассеивания и переноса в направлении радиоактивного загрязнения территории АЭС и зоны наблюдения.

*Ключевые слова:* радиоэкологическая ситуация, морфометрические параметры, картографирование, факторный анализ, режим ветра, классификация.

**Постановка задачи**

Для превентивной оценки и прогноза развития радиоэкологической ситуации на территории вокруг АЭС в настоящее время разрабатываются и моделируются сценарии чрезвычайных ситуаций (аварий) с учетом различных погодных условий [1, 2]. Погодные условия играют существенную роль в процессе переноса и осаждения на подстилающую поверхность радиоактивных веществ (РВ) в воздухе на различные расстояния от источника загрязнения. Погодные условия связаны с основными барическими образованиями для данной территории в данное время года и могут быть:

типичными для территории Украины, связанными с траекториями основных барических образований (циклонов и антициклонов и их составляющими);

характерными, влияющими на задержание и вынос загрязняющих веществ с территории вокруг АЭС и связанными с устойчивыми синоптическими ситуациями, формирующими длительные периоды с относительно слабым ветром и приземной или приподнятой инверсией температуры воздуха (малоподвижный антициклон или гребень, малоградиентное барическое поле, некоторые периферии антициклона);

экстремальными, способствующими радиоактивному загрязнению территории на большие территории за пределами 100-километровой зоны АЭС и происходящими при неустойчивых атмосферных процессах: при смене воздушных масс и быстром смещении барических образований и атмосферных фронтов.

Математические модели расчета концентрации РВ в воздухе и на подстилающей поверхности в зависимости от пространственно-временного разрешения делятся на [1, 2]:

локальные модели расчета переноса и рассеивания РВ на расстоянии до 10 км от источника загрязнения (АЭС), которые производят расчеты распределений концентрации примесей при текущих метеорологических условиях и используют эмпирические закономерности распространения примеси в горизонтальном и вертикальном направлениях;

мезометеорологические модели расчета переноса и рассеивания РВ за пределами ближней зоны влияния источника загрязнения, построенные с использованием уравнений турбулентной диффузии с учетом радиоактивного распада, влажного и сухого осаждения и нестационарных метеорологических условий.

Для интегральных (годовых) оценок радиоактивности в воздухе и на подстилающей поверхности используются статистически обработанные метеорологические данные, собранные за пять лет. Данные представляются в виде матрицы суммарной повторяемости скорости, направления ветра и классов устойчивости атмосферы. Для мезометеорологических моделей переноса и рассеивания загрязняющих веществ необходимо использовать параметры устойчивости и вертикальные профили

© Т. Д. Лев, 2013

характеристик внутренней структуры пограничного слоя атмосферы (температура воздуха, скорость и направление ветра, осадки, турбулентность атмосферы, температура и высота слоя перемешивания и т.д.). Параметры рассчитываются на регулярной сетке на основе данных прогноза погоды или срочных аэрометеорологических наблюдений. При разработке сценариев быстрого реагирования в условиях внештатных ситуаций оценку радиоэкологической ситуации рекомендуется проводить с использованием набора типовых, характерных и экстремальных синоптических ситуаций.

В свою очередь климатические особенности рассматриваемых территорий вокруг АЭС - термодинамические характеристики пограничного слоя атмосферы, отвечающие за перенос и перераспределение радиоактивных веществ в окружающей среде, формируются в соответствии с физико-географическими условиями местности [3 - 5]. Данные о рельефе, типах подстилающей поверхности, почвах, мезошероховатости, углах склона и т.п. используются в моделях численного прогноза погоды (WRF, MM5) для получения более точных прогностических термодинамических характеристик пограничного слоя атмосферы у земли и на высотах, необходимых для расчетов радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду при нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии.

В соответствии со стадиями жизненного цикла АЭС (размещение, проектирование, проведение ОВОС<sup>1</sup>, сооружение, эксплуатация, вывод из эксплуатации) рекомендуется проводить сбор, накопление и своевременное выявление тенденций изменения аэрометеорологических параметров окружающей среды в соответствии с характеристиками условий рассеивания радиоактивных примесей.

При аварийных ситуациях, когда необходимо все время уточнять след радиоактивного загрязнения местности для принятия решений по защите населения, следует заранее подготовить проект локализации пунктов проведения дополнительных аэрометеорологических наблюдений. Получаемые данные могут оперативно вводиться в модели численного прогноза погоды для локальной территории и в региональные модели переноса и осаждения РВ на подстилающую поверхность с целью более детальной оценки развития радиоэкологической ситуации.

В связи с этим рассмотрим основные особенности атмосферных процессов в Украине и микроклиматические условия районов размещения АЭС.

### Основные синоптические особенности атмосферных процессов в Украине

Учитывая географическое положение и основные пути перемещения барических образований (циклонов и антициклонов), территория Украины была поделена на три региона: I - северная, северо-западная и западная части; II - юго-западная и южная части; III - юго-восточная и восточная части (рис. 1). Для выделенных районов АЭС было проведено предварительное исследование по опубликованным источникам [6 - 10] об основных особенностях атмосферных процессах в Украине.

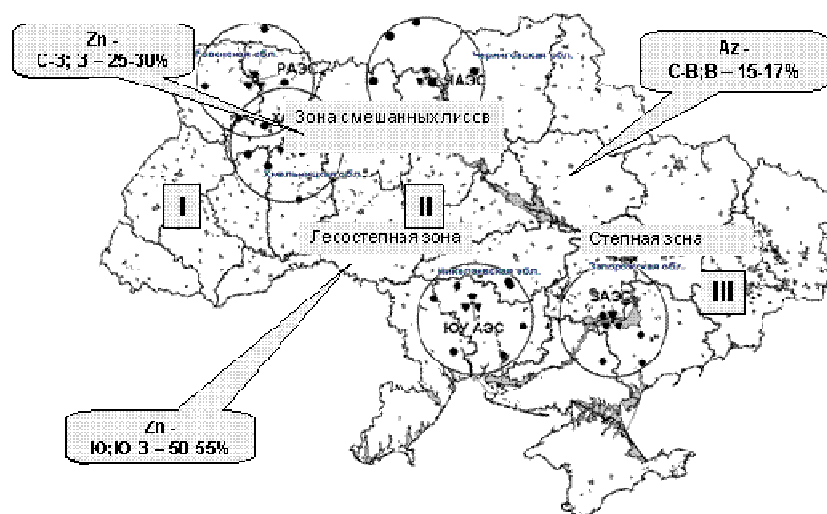


Рис. 1. Расположение АЭС и пунктов контроля за состоянием природной среды и повторяемость

<sup>1</sup> ОВОС – оценка воздействия на окружающую среду.

типичных синоптических процессов в Украине: • - пункты метеорологических наблюдений в 100-километровой зоне вокруг АЭС; Zп - циклоны, Az - антициклоны с повторяемостью основных направлений переноса.

Выделены наиболее характерные особенности общециркуляционных процессов [8 - 10].

Интенсивная циклоническая деятельность с преобладанием западной и юго-западной составляющей в направлении ветра (повторяемость около 50 %) сопровождается усилением ветра и осадков. Средиземноморские циклоны вызывают резкое и продолжительное ухудшение погоды в Украине и на Черном море - интенсивные осадки, сильные ветры, иногда со скоростью до 30 - 35 м/с. Выходы южных циклонов с Черного моря на центральные и восточные районы Украины и со Среднедунайской низменности на северные или северо-западные районы Украины в 81 % случаев сопровождаются сильными обложными осадками и сильными ветрами. Циклоны, перемещающиеся с Северного моря, вызывают зимой и весной штормовые ветры и метели - наблюдается усиление ветра над северо-западом Украины на 3 - 4 м/с и более. Скорость ветра на высотах 3, 5, 7 и 9 км в среднем составляет 13, 20, 23 и 25 м/с соответственно.

Преобладание антициклонической деятельности над циклонической и ослабление активности атмосферных процессов особенно заметно проявляется летом. В это время года антициклонический режим погоды благоприятствует интенсивной трансформации воздушных масс. Полная трансформация холодных воздушных масс осуществляется за 3 - 4 сут, средняя суточная температура воздуха повышается на 1 - 1,5 °С за сутки. Вертикальные градиенты температуры в слое 1 - 5 км при этом увеличиваются в среднем от 0,4 - 0,5 до 0,6 - 0,8 °С/100 м. Однако вследствие незначительного влагосодержания воздуха конвективная облачность почти не развивается, а значительная турбулентность приводит к усилению ветра. При таком типе погоды скорость ветра у поверхности Земли в дневные часы над равнинными районами, как правило, равна 10 м/с и более, в ночные же часы ветер ослабевает почти до штиля.

Местные циклоны и антициклоны - слаборазвитые барические образования протяженностью не более 1000 км и со средней продолжительностью существования до 36 ч, поэтому их влияние на условия погоды оказывается существенным только благодаря значительной повторяемости и продолжительности пребывания над определенными районами. Влиянию местных циклонов наиболее подвержены Черное море, южные и северо-западные районы Украины.

Наиболее опасными метеорологическими условиями, с точки зрения рассеивания и пространственного распространения РВ, являются синоптические ситуации, сопровождающиеся сильными ветрами и обложными осадками [9,10].

Процессы, обуславливающие сильные ветры в Украине, можно разделить на две группы. К первой группе относятся случаи формирования антициклона над центральными и восточными областями Украины при активизации циклонической деятельности над Средиземным и Черным морями. Вторая группа - случаи прохождения циклонов или глубоких ложбин через территорию Украины. Сильные ветры при перемещении циклонов и ложбин через Украину захватывают различные районы в зависимости от траекторий. При перемещении циклонов с запада сильные ветры чаще всего захватывают северо-западную часть республики. В случаях перемещения ныряющих циклонов с северо-запада в их передней части наблюдаются сильные юго-западные и западные ветры, а в тылу - северо-западные и северные.

Сильные обложные осадки в 81 % выпадают при выходе южных циклонов с Черного моря или Малой Азии на центральные или восточные районы Украины; со Среднедунайской низменности на северные или северо-западные районы Украины; со Средиземного моря или Малой Азии на восточную часть Черного моря. Вероятность сильных обложных осадков при указанных синоптических положениях составляет 50 - 60 % в марте и ноябре, 65 - 86 % в остальные месяцы холодного периода. На эти же процессы приходится и наибольшая продолжительность периодов с осадками (1 - 2 сут) и наибольшая степень их территориального распространения. Вероятность выпадения сильных обложных осадков при других синоптических положениях (перемещение циклонов севернее Украины, северо-западные циклоны, развитие волн на стационарных фронтах) невелика, соответственно 4-9 и 10-15 %.

Природно-климатические условия на территориях вокруг АЭС формируются под влиянием основных синоптических процессов, наблюдаемых в выделенных районах (см. рис. 1). Так, для Ровенской и Хмельницкой АЭС основные синоптические процессы - циклонические образования, движущиеся с севера и северо-запада Европы (25 - 30 % повторяемости), которые характеризуются неустойчивой погодой: частыми осадками, резкими изменениями скорости и направления ветра. Для Южно-Украинской АЭС это, в основном, циклоническая деятельность с характерными траекториями атмосферного движения с юга и юго-запада (50 - 55 % повторяемости). Для Запорожской АЭС это

антициклональная деятельность, распространяемая с северо-востока и востока (15 - 20 % повторяемости).

### Микроклиматические особенности районов размещения АЭС

Микроклиматические особенности территории вокруг АЭС формируются за счет горизонтальной неоднородности подстилающей поверхности, выражающейся в форме рельефа и свойствах ландшафтного покрова, и мезомасштабных атмосферных процессов, характерных для данного региона [11 - 12]. Ведущую роль в этом случае играет рельеф, который не только формирует условия перераспределения радиоактивных веществ в почве и поверхностных водах, но и отвечает за локальные особенности ветрового режима в 30-километровой зоне АЭС.

Характеристики поля скорости ветра вблизи подстилающей поверхности и аэрологическая структура местных ветров (распределение метеорологических элементов с высотой) зависят от горизонтальной неоднородности поля ветра, определяемой формами рельефа данной местности.

Предварительная оценка микроклиматических особенностей районов размещения АЭС проводилась по территории Хмельницкой атомной станции (ХАЭС) площадью 60×60 км с использованием топографических характеристик – морфометрических величин (МВ), описывающих климатические условия территории, поверхностный сток и эрозионный потенциал рельефа. МВ определялись косвенно, с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) и параметрических моделей, описывающих характеристики рельефа – углы наклона, ориентировку склонов, кривизну, водоразделы, долины, вершины, повышенные и пониженные участки местности и т.д.

Для расчета МВ был использован картографический материал:

карта цифровой модели рельефа с шагом 500 м. с использованием данных проекта SRTM4v (Shuttle Radar Topographic Mission) с точностью 16 м. (<http://srtm.csi.cgiar.org/>);

цифровая карта гидрографической сети, растительности, населенных пунктов и дорог для территории ХАЭС, предоставленная ИРЗ АТН Украины<sup>2</sup>;

топографическая карта (растровая) Украины М 1:100000 (<http://maps.vlasenko.net/map-1k.html>)

Морфометрические величины, используемые в данной работе, рассчитывались следующим образом.

1. Фактор крутизны склонов ( $S$  - Slope steepness factor) рассчитывался по формулам [13]:

$$S = -1,5 + \frac{17}{(1 + e^{(2,3-6,1*\sin \beta)})}, \quad \text{Nearing (1997)}, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} S &= 10,8 * \sin \beta + 0,03, \quad \text{для } s < 9\%, \\ S &= 10,8 * \sin \beta - 0,5, \quad \text{для } s \geq 9\%, \quad \text{McCool (1987)} \end{aligned} \quad (2)$$

$$S = \left( \frac{\tan \beta}{0,09} \right)^{1,45}, \quad \text{Govers (1991)}, \quad (3)$$

где  $\beta$  – угол склона, град;  $s$  – крутизна склона, %.

Крутизна склонов определяет скорость потока, увеличивающегося с увеличением угла склона.

2. Фактор длины склона NCSL (Noncumulative slope length) рассчитывается для каждой ячейки сетки с учетом направления потока [14]:

$$NCSL = k * \Delta x * a \tan \beta,$$

где  $\Delta x$  - шаг сетки,  $k = 0,5$  для высоких точек;  $k = 1,0$  - для основных направлений потока. С, Ю., В, З.;  $k = 1,412$  – для остальных направлений.

3. Экспозиция склонов Asp (Terrain Aspect). Значения определялись по азимуту, где 0 град указывает на север, 90 град - на восток.

4. Профиль кривизны склонов Pr (Profile curvature) определяет скорость изменения потока по поверхности и выделяет выпуклость и вогнутость поверхности.

<sup>2</sup> ИРЗ – Институт радиационной защиты АТН Украины.

5. Плановая кривизна склонов PI (Plan curvature). Отражает скорость изменения угла местности и является мерой кривизны контуров. Определяет конвергенцию или дивергенцию потоков.

Экспозиция склонов Asp, профиль кривизны Pr и плановая кривизна PI склонов вычислялись с использованием процедур, заложенных в ПО<sup>3</sup> ГИС Surfer и ArcGIS на регулярной сетке с шагом 500 м.

Для расчета топографического фактора (фактора LS) в зависимости от угла склона  $\beta$ , длины склона  $l$  использовалось выражение из усовершенствованного Универсального уравнения потерь почвы [13, 15]:

$$LS = \left( \frac{l}{22.13} \right)^m * (0,065 + 0,045 * \beta + 0,0065 * \beta^2), \quad (4)$$

где  $m = \frac{k}{1+k}$ ,  $m = \frac{s}{1+s}$ ,  $S$   $k$  – коэффициент отношения ручейковой к межручейковой эрозии.

$$k = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3.0 * \sin \beta^{0.8} + 0.56} \quad S = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3 * \sin \beta^{0.8} + 0.56}, \quad (5)$$

### Численные эксперименты и анализ результатов

Расчет представленных показателей и проведение пространственного анализа для выбранной территории 60×60 км вокруг ХАЭС проводилось средствами геоинформационных систем (ГИС) ArcGIS и MapInfo. Были построены картографические слои представленных параметров: профиля кривизны склонов, отображающего формы поверхности рельефа (выпуклые или вогнутые) и значения скорости изменения потока по поверхности, экспозиции и углы склонов, определяющих скорость и направление эрозионных потоков и т.п. Картографические покрытия с атрибутивной информацией относятся к ячейкам сетки (500×500м) и представляют собой регулярную сеть площадью 60×60 км в центре с ХАЭС.

Проведенный предварительный статистический анализ морфометрических величин показал, что около 10 % выбранной территории имеет угол склона от 1,5 до 5,3°. Перепад высот составляет 135 м, высоты рельефа 250 - 280 м занимают 25 % территории, высоты 280 - 325 м занимают около 10 %, а 34 % территории имеют ориентированные на север склоны, около 60 % территории занимают агроландшафты и 23 % - леса.

Комплексный показатель LS, отражающий эрозионные характеристики рельефа и рассчитанный по формулам (4) и (5), представлен на рис. 2.

Проведенная классификация территории ХАЭС по показателю LS с шагом 500 м. выделяет около 2 % территории, подверженной эрозионным процессам, со значениями от 1,0 до 2,5 ед., что сравнимо с результатами, представленными в работах [13, 14]. Поймы рек имеют очень длинные (около 1 км) и пологие склоны (меньше 0,5°) и практически нулевой эрозионный потенциал рельефа (0,2 - 0,3 ед.). Террасы более расчленены и имеют значения (1,0 - 2,5 ед.). По расчетам северо-западные и юго-западные районы 60-километровой зоны ХАЭС характеризуются самым высоким эрозионным потенциалом.

<sup>3[1]</sup> ПО - программное обеспечение.

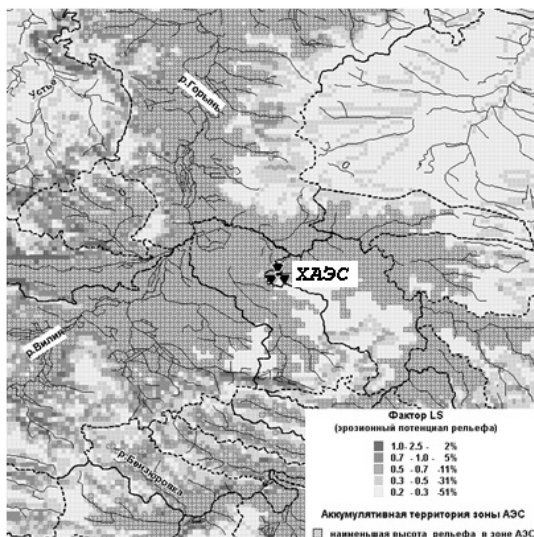


Рис. 2. Классификация эрозионного потенциала рельефа.

В соответствии с преобладающим направлением ветра (западные и северо-западные ветры - 30 % повторяемости) и углом склонов рельеф был классифицирован на наветренные, подветренные и параллельные ветру склоны, долины, вершины, водоразделы. По рассчитанным морфометрическим характеристикам рельефа и по таблице коэффициентов изменения скорости ветра в различных условиях рельефа по сравнению с условиями на открытом ровном месте на высотах 10 и 2 м [3, 11] определялся показатель пространственной изменчивости скорости ветра  $K_v$  по территории ХАЭС в радиусе до 10 км:

$$K_v = U / V_0,$$

Где  $U$  – скорость ветра на неровной местности, ( $\text{м с}^{-1}$ ),  $V_0$  – скорость ветра на равнинном участке местности, ( $\text{м с}^{-1}$ ).

Результаты пространственного распределения  $K_v$  по территории ХАЭС представлены на рис. 3.

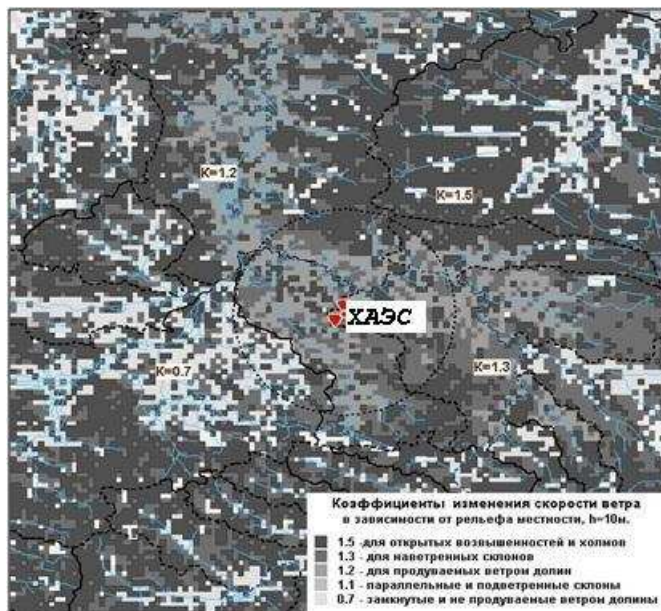


Рис. 3. Пространственная изменчивость модуля скорости ветра по территории ХАЭС.

Анализ тематической карты (см. рис. 3) показал, что замкнутые и не продуваемые ветром долины уменьшают скорость ветра на уровне флюгера (10 м) на 30 %, а для открытых возвышенностей и холмов скорость ветра увеличивается на 40 - 50 %. Территория 10-километровой зоны ХАЭС рас-



положена в самой низкой (класс высот составляет 195 - 225 м) лесистой части местности (параметр шероховатости  $Z_0$  составляет 1,5 – 2 м), и склоны, в основном, ориентированы с северо-запада на юго-восток, т.е. они расположены параллельно преобладающим направлениям ветра. Это продуваемые ветром долины, где скорость ветра увеличивается на 20 - 30 %, но за счет лесного массива уменьшается на расстоянии до 300 м от источника загрязнения на коэффициент от 0,5 до 0,85. В случае аварийной ситуации перенос воздушных масс на юго-восток будет отличаться от северо-восточного переноса, так как на пути переноса РВ лежат открытые возвышенные участки с высотой холмов до 325 м.

Таким образом, учет пространственной изменчивости ветровых характеристик ( $K_v$ ) и параметра мезошероховатости ( $Z_0$ ) позволит уточнить скорость переноса РВ в моделях воздушного переноса при аварийных ситуациях и при нормальном режиме работы АЭС.

### Пример статистической оценки территории ХАЭС

Полученные характеристики были использованы для предварительной статистической оценки территории ХАЭС с точки зрения построения и локализации пунктов контроля аэрометеорологических данных, необходимых для уточнения радиоэкологической обстановки при аварийных ситуациях на АЭС. С этой целью была разработана схема классификации населенных пунктов, входящих в территорию 100-километровой зоны АЭС (262 пункта) с использованием полученных параметров. Процедура, схема которой представлена на рис. 4, включает картографирование морфометрических характеристик, интерполяцию в ячейки регулярной сетки, присвоение данных населенному пункту и проведение факторного анализа методом главных компонент [16]. Населенный пункт был отождествлен с узлом регулярной сетки и получил все соответствующие данному узлу значения параметров (топографические и климатические характеристики). С полученной выборкой (262 пункта) был проведен факторный анализ, с помощью которого большое число переменных (в данном случае 9) было сведено к двум независимым факторам ( $F_1$  и  $F_2$ ). При этом в один фактор объединяются переменные, сильно коррелирующие между собой. Переменные из разных факторов слабо коррелируют между собой (коэффициент корреляции равен 0,18).

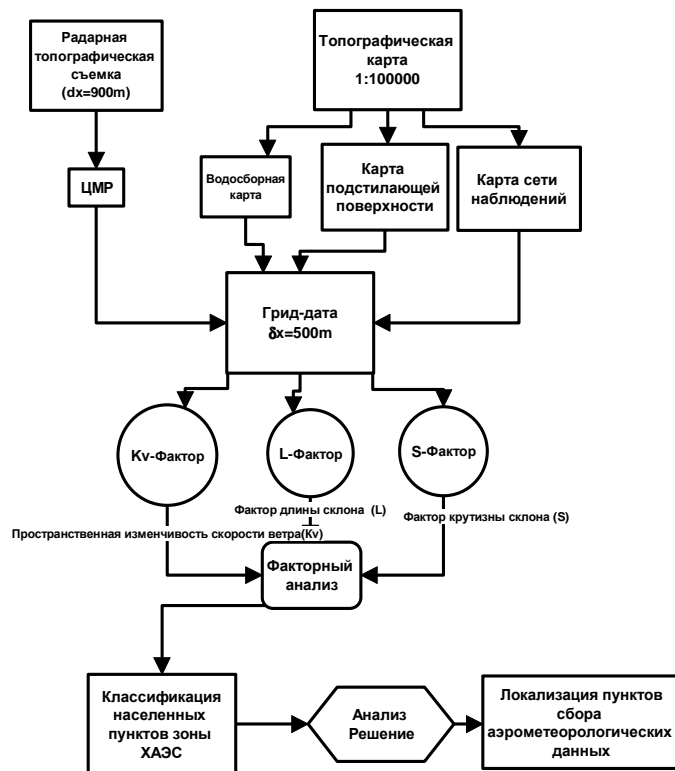


Рис. 4. Схема классификации возможных пунктов контроля аэрометеорологической информации.

На первом шаге процедуры факторного анализа была проведена стандартизация заданных значений переменных (z-преобразование); затем при помощи стандартизованных значений рассчитывались корреляционные коэффициенты Пирсона между рассматриваемыми переменными. Методом главных компонент были выделены независимые факторы  $F_1$  и  $F_2$ , как видно на рис.5. Фактор  $F_1$  объединяет коррелируемые между собой следующие переменные:  $K_v$  (изменчивость скорости ветра),  $Slfac\_co$ ,  $Slfac\_go$ ,  $Slfac\_ne$  - факторы крутизны склонов из уравнений (1) - (3),  $Sl\_steep$  - крутизна склона,  $H$  - высота местности. Фактор  $F_2$  определяется параметрами:  $Slp\_gr$  - углом склона в град,  $Sl\_leng$  - длиной склона,  $LS\_Aid$  - эрозийным фактором.

Для выделенных групп (факторы  $F_1$  и  $F_2$ ) с указанными переменными были проведен регрессионный анализ. В результате анализа были получены регрессионные уравнения для расчета факторов  $F_1$  и  $F_2$  по данным выборки из 262 «возможных» пунктов контроля:

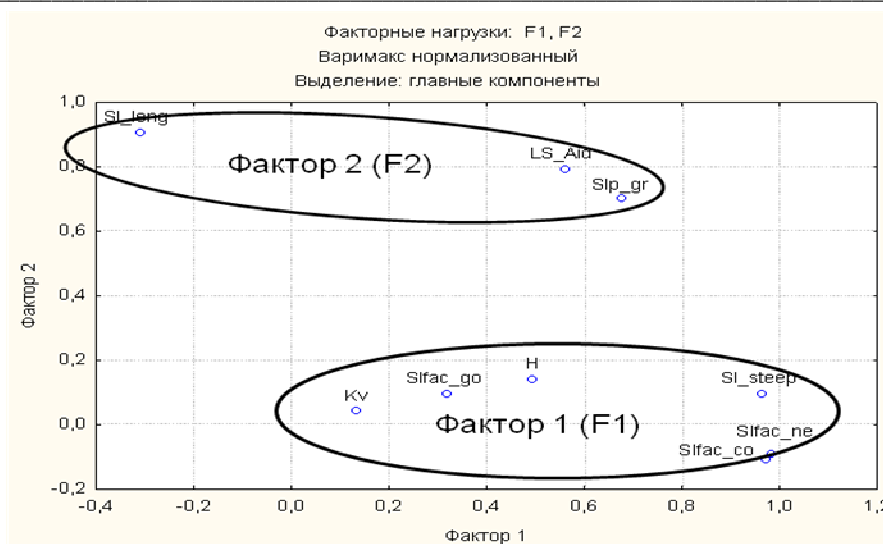


Рис. 5. Выделение и группировка в независимые факторы F1 и F2.

Фактор F1 (природно-климатический) определяется уравнением регрессии

$$F1 = 0,52 \cdot Sifac\_ne + 0,24 \cdot Sl\_steep + 0,174 \cdot Sifac\_co + 0,12H + 0,08 \cdot Sifac\_go + 0,03 \cdot Kv - 0,0002.$$

Фактор F2 (эрозионный) определяется как

$$F2 = 1,68 LS\_Aid + 0,54 Sl\_leng - 1,12 Slp\_gr - 0,002.$$

Коэффициент детерминации (R-квадрат) для полученных уравнений, характеризующий степень соответствия между регрессионной моделью и исходными данными, равен 0,99. По рассчитанным факторам F1 и F2 была проведена классификация возможных пунктов контроля с картографическим представлением результатов на тематической карте форм рельефа с выделением зон относительного сноса, аккумуляции и транзита. Пространственное распределение населенных пунктов соответствует выделенным формам рельефа. Населенные пункты с повышенным фактором эрозионности располагаются в зонах относительного сноса с повышенными высотными градиентами. Анализ представленной сети пунктов контроля показывает, что основной пункт измерений должен располагаться непосредственно на промплощадке АЭС, а выносные пункты контроля (не более 2) в точках, учитывающих локальные природно-географические особенности территории, т.е. где факторы F1 (пункт Тышевичи) и F2 (пункт Дермань Друга) принимают максимальные значения.

### Выводы

Использование цифровой модели рельефа, как одного из самых важнейших факторов пространственной дифференциации ландшафтных характеристик, позволяет установить связь между экологическими и природно-географическими характеристиками территории ответственности АЭС. Выделение экологически однородных территориальных единиц по природно-климатическому и эрозионному факторам и присвоение им конкретных значений дает возможность выбрать пункты контроля аэрометеорологических данных как при нормальном режиме работы станции, так и в аварийных ситуациях. Уточнение и выявление негативных изменений аэрометеорологических характеристик, связанных с микроклиматическими особенностями территорий АЭС, позволит уточнять расчеты полей загрязнения с использованием региональных математических моделей переноса выбросов из АЭС. Использование принципов комплексного физико-географического районирования дает возможность выделить локальные территориальные особенности каждой АЭС и соответственно оптимизировать сеть мониторинга объектов окружающей среды, включая и пункты аэрометеорологических наблюдений. Местные особенности территорий АЭС представлены в виде картографического Банка данных, который, таким образом, является информационно-аналитическим обеспечением для математических моделей атмосферного переноса и перераспределения радиоактивности в объектах окружающей среды.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ



1. *Готовность* и реагирование в случае ядерной и радиационной аварийной ситуации. Серия норм МАГАТЭ по безопасности № GS-R-2. - Вена: МАГАТЭ, 2004.
2. *Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)*. Державні гігієнічні нормативи. ДГН 6.6.1. – 6.5.001-98. – К.: УЦГСЭН, 1998. – 135 с.
3. *Методические указания*. Методы специальных аэрометеорологических и диффузионных измерений в пограничном слое атмосферы и расчет концентрации примеси в условиях сложной орографии. РД 52.18. Руководитель д. физ.-мат. н. Е. К. Гаргер. – М.: Госкомгидромет СССР, 1988.
4. *Руководство "Мониторинг метеорологических и аэрологических условий в районах размещения объектов использования атомной энергии"*, РБ-046-08, [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ)
5. *Бызова Н.Л., Иванов В.Н., Гаргер Е.К.* Турбулентность в пограничном слое атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1989.- 263 с.
6. *Сонькин Л.Р.* Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1991.- 223 с.
7. *Пономаренко И.Н.* Барико-циркуляционный режим юга Европейской территории СССР и некоторые особенности погодных условий сезонов // Тр. УкрНИГМИ. - 1958. - Вып. 12. - С. 100 - 110.
8. *Бузян Т.О., Гавриленко Н.М.* Некоторые сведения о циклонах, проходящих через Украину // Тр. УкрНИГМИ. - 1958. - Вып. 134. - С. 136 - 143.
9. *Богатырь Л.Ф.* Траектории циклонов на территории Украины // Тр. УкрНИГМИ. - 1957. - Вып. 7. - С. 15 - 36.
10. *Балабух В.А.* Траектории циклонов, которые обуславливают опасное и стихийное количество осадков в Украине в теплый период года // Тр. УкрНИГМИ. - 2004. – С. 103 - 119.
11. *Методические указания по производству микроклиматических обследований в период изысканий.* – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – С. 19-23.
12. *Швень Н.І.* Про приведення швидкості вітру до умов відкритого рівного місця. // Наук. праці УкрНДГМІ, 2006. - Вип. 255. - С. 97 - 103.
13. *Drzewiecki W., Mularz S.* Simulation of water soil erosion effects on sediment delivery to dobczyce reservoir // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. -Vol. XXXVII. - Part B8. Beijing. - 2008. - P. 787 – 794.
14. *Hickey R.* Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS // Cartography. - 2000. - Vol. 29, No. 1. - P. 1 - 8.
15. *Айдаров И.П., Краснощекоев В.Н.* Методология оценки экономической эффективности природообустройства агроландшафтов. <http://aidarov.net>.
16. *Электронный учебник StatSoft.* [http://www.statsoft.ru/resources/statistica\\_text\\_book.php](http://www.statsoft.ru/resources/statistica_text_book.php)

Т. Д. Лев

*Институт проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Лисогірська, 12, корп. 106, Київ, 03028, Україна*

#### **ВРАХУВАННЯ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕРИТОРІЇ ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ ПУНКТІВ КОНТРОЛЮ АЕРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИКИДАХ АЕС**

Перенесення, розсіювання та осадження радіоактивних речовин при викидах АЕС визначаються як фізико-географічними, так і метеорологічними умовами регіону, які неоднорідні залежно від особливостей підстилаючої поверхні й властивостей рельєфу. Проведений картографічний аналіз цифрової моделі рельєфу, як одного з самих найважливіших чинників просторової диференціації ландшафтних характеристик, дав змогу встановити зв'язок між природно-географічними й кліматичними характеристиками території відповідальності АЕС. Розроблено процедуру класифікації населених пунктів, що входять у територію 30-кілометрової зони АЕС з використанням отриманих характеристик. Процедура включає картографування морфометричних і мікрокліматичних характеристик і проведення факторного аналізу з метою вибору оптимального розташування пунктів контролю аерометеорологічної інформації для оцінки умов розсіювання та перенесення в напрямку радіоактивного забруднення території АЕС і зони спостереження.

*Ключові слова:* радіоекологічна ситуація, морфометричні параметри, факторний аналіз, режим вітру, класифікація.

T. D. Lev

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, 12, building 106, Lysogirska str., Kyiv, 03028, Ukraine*

#### **ACCOUNTING MICROCLIMATIC FEATURES OF TERRITORY FOR OPTIMISATION OF AEROMETEOROLOGICAL DATA OBSERVATION ON EMISSIONS FROM NPP**

Process of transport, dispersion and deposition of radioactive substances, formed as a result of emissions from the NPP, depends up of geographic and meteorological conditions of the region. Local features of NPP territory are heterogeneous and depend up the characteristics and properties of the underlying surface and terrain. Terrain is one of the most important factors in the spatial differentiation of landscape characteristics. Cartographic analysis of digital elevation model established the relation between the natural geographic and climatic characteristics of the area around the NPP. The procedure of the classification of settlements included in the 30-km zone around the plant was developed. The procedure includes: the mapping of morphometric and micro-climatic characteristics of territory and factor analyzing to select the optimum location of aerometeorological data observation stations. Input information operational will used for estimation of the conditions of dispersion and transport in the direction of the radioactive contamination of territory around NPP.

*Keywords:* radioecological situation, morphometric parameters, factor analysis, wind regime, classification.

## REFERENCES

1. *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Series Safety Standard № GS-R-2.* - Vienna: IAEA, 2004. (Rus)
2. *Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97). Derzhavni higienichni normativy. DGN 6.6.1. - 6.5.001-98.* - Kyiv: UTSGSEN, 1998. - 135 p. (Rus)
3. *Handbook. Methods and special aerometeorological diffusion measurements in the atmospheric boundary layer and the calculation of the contamination concentration in a complex topography. RD 52.18.* Chief of development E. K Garger. - Moskva: Goskomgidromet USSR, 1988. (Rus)
4. *Handbook. Monitoring of meteorological and aerological conditions in areas around NPP,"* RB-046-08, [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ) (Rus)
5. *Byzova N.L, Ivanov V.N, Garger E.K.* Turbulence in the boundary layer of the atmosphere. - Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989. - 263 p. (Rus)
6. *Son'kin L.R.* Synoptic-statistical analysis and short-term forecast of air pollution. - Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. - 223 p. (Rus)
7. *Ponomarenko I.N.* Barik-circulation regime of southern European USSR and some features of the weather seasons. // *Proceedings of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute.* - 1958. - Vol. 12. - P. 100 - 110. (Rus)
8. *Buzyan T.O, Gavrilenko N.M.* Some information on cyclones passing through Ukraine // *Proceedings of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute.* - 1958. - Vol. 134. - P. 136 - 143. (Rus)
9. *Bogatyr L.F.* Cyclone trajectories in Ukraine // *Proceedings of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute.* - 1957. - Vol. 7. - P. 15 - 36. (Rus)
10. *Balabukh V.A.* Features of weather processes which predetermine dangerous and elemental precipitations in a warm period on territory of Ukraine // *Proceedings of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute.* - 2004. - P. 103 - 119. (Rus)
11. *Methodological guidelines for microclimatic surveys during investigations.* - Leningrad: Gidrometeoizdat, 1969. - P. 19 - 23. (Rus)
12. *Shven N.I.* Reduction wind speed equal to the open space // *Proceedings of UkrNDGMI, 2006.* - Vol. 255. - P. 97 - 103. (Rus)
13. *Drzewiecki W., Mularz S.* Simulation of water soil erosion effects on sediment delivery to dobczyce reservoir // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* -Vol. XXXVII. - Part B8. - Beijing. - 2008. - P. 787 - 794.
14. *Hickey R.* Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS // *Cartography.* - 2000. - Vol. 29, No. 1. - P. 1 - 8.
15. *Aidarov IP, Krasnoschekov V.N.* Methodology to assess the cost-effectiveness of environmental landscapes. <http://aidarov.net>. (Rus)
16. *Electronic Textbook StatSoft.* [http://www.statsoft.ru/resources/statistica\\_text\\_book.php](http://www.statsoft.ru/resources/statistica_text_book.php) (Rus)

Надійшла 18.02.2013  
Received 18.02.2013