

## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К ВИДАМ И ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА**

### **Введение**

Состояние атмосферы существенно влияет на работу многих хозяйственных отраслей. Процессы и явления, протекающие в атмосфере, могут иметь большие пространственные размеры и могут протекать как медленно, так и очень быстро, иногда это выражается во взрывном характере их протекания. Информация о таких процессах необходима в реальном масштабе времени. Это требование выполнимо только при использовании технологии оперативного радиолокационного мониторинга. Возникает потребность в создании метеорологической радиолокационной системы мониторинга. Но чтобы ее создать, следует выяснить требования, которые необходимо предъявить к создаваемой системе мониторинга. А эти требования к системе мониторинга можно, в свою очередь, сформулировать только на основе анализа требований потребителей, предъявляемых к видам и характеристикам информации гидрометеорологического характера, получаемой от радиолокационной метеорологической системы. Результаты решения упомянутой задачи анализа и отражены в данной статье.

### **Актуальность**

Во многих странах необходимость оперативного получения гидрометеорологической информации породила радиолокационные сети для наблюдения за состоянием атмосферы. Практическое использование информации этих сетей значительно повысило качество прогнозирования состояния атмосферы оперативными подразделениями службы погоды [1]. В основу их функционирования в разных странах положены различные приоритеты, позволяющие соответствующим службам получать необходимую информацию для прогнозирования с целью предотвращения гибели людей и материальных потерь. В Украине подобная сеть отсутствует [2]. Поэтому прогностические центры не обеспечиваются радиолокационной информацией о состоянии всей толщи тропосферы в необходимом количестве и с потребным качеством. По этой причине для построения метеорологической радиолокационной системы мониторинга следует проанализировать требования потребителей к видам и характеристикам информации, которая должна быть получена от этой системы. Таким образом, решение подобной аналитической задачи для Украины является актуальным и в научном отношении отличается новизной.

### **Объект и предмет исследования**

Объектом исследования является информация, получаемая потребителями от гидрометеорологической радиолокационной системы мониторинга. Предметом исследования являются виды, свойства и характеристики этой информации.

### **Цель исследования**

Цель исследования – анализ существующих специфических свойств и требований к характеристикам гидрометеорологической радиолокационной информации, изложенных в руководящих документах по прогнозированию, и основных требований научно-методических и оперативных подразделений Госгидромета Украины к этому виду гидрометеорологической информации.

## Методы исследования

В части исследований использовался метод исследования теоретического уровня в виде анализа существующих специфических свойств и требований к характеристикам гидрометеорологической радиолокационной информации, заключенных в нормативных документах и обязанностях прогнозистов разных направлений гидрометеорологии и разного уровня прогнозирования. Также применялся метод исследования эмпирического уровня в виде опроса специалистов научно-методических и оперативных подразделений Госгидромета Украины.

## Результаты исследования и их анализ

*Анализ существующих специфических свойств и требований к характеристикам гидрометеорологической радиолокационной информации:*

- *Требования синоптика-прогнозиста гидрометеорологического центра, авиационной метеорологической станции гражданской.*

На основе использования информации метеорологических радиолокаторов уточняется местоположение и перемещения мезомасштабных облачных образований, влияющих на условия полета воздушных судов, что позволяет авиационному синоптику более успешно выделить районы образования опасных для авиации явлений, в том числе гроз, града, шквалов [3].

Метеорологическая радиолокационная станция позволяет в любое время суток и при любых погодных условиях получить информацию об облаках, явлениях погоды на площади в 1,5 – 2 раза большей, чем при визуальных наблюдениях. Эта информация незаменима ночью и при сплошной низкой облачности.

Метеорологический радиолокатор должен обеспечить получение следующей метеорологической информации:

- местоположение и размеры зон облачности и осадков;
- формы облачности и явления погоды, в том числе такие опасные для авиации как ливни, грозы, град;
- скорость и направление перемещения облачных систем;
- значения высот верхней границы радиоэха всех обнаруживаемых облаков, нижней границы радиоэха облаков верхнего и среднего яруса, а также межоблачных прослоек;
- оценка высоты „яркой полосы”, указывающей на расположение слоя таяния и, соответственно, высоту нулевой изотермы в слоисто-дождевой облачности;
- интенсивность выпадающих осадков и накопленный слой осадков за выбранный интервал времени;
- распределение радиальной доплеровской скорости и ширины спектра, которые позволяют оценить сдвиги ветра, степень турбулентности, осредненный вертикальный профиль горизонтального ветра, осредненное распределение горизонтального ветра в зоне обзора на различных высотах;
- поляризационные характеристики облачности и осадков позволяют оценить тип гидрометеоров, провести фильтрацию помех и отражений от „местников”, уточнить измерения интенсивности выпадающих осадков;
- радиолокационные наблюдения с высоким темпом обновления информации позволяют отслеживать эволюцию облачности и фиксировать процессы „взрывной конвекции”, когда за единицы минут происходит развитие грозовой облачности на больших территориях. Позволяют также с большой степенью достоверности обнаруживать и прогнозировать развитие таких опасных явлений погоды как гроза, град, ливень и идентифицировать следующие явления: зоны сильного ветра, торнадо, фронты порывистости, области сдвига

ветра, зоны повышенной турбулентности, микропорывы;

– зоны переохлажденной воды, несущие в себе опасность обледенения попавших в них летательных аппаратов;

– скопления птиц и насекомых, также опасные для авиации, идентифицируются по большим (более 10 дБ) значениям дифференциальной отражаемости;

– облака радиоактивного аэрозоля.

Поле ветра восстанавливается в слоях толщиной 1 км, расположенных на выбираемой оператором высоте. Для обеспечения безопасности полетов авиации требуется знать распределение вектора скорости ветра с точностью 1 м/с в слое толщиной до 500 м с разрешением 30 м.

Одним из основных условий возникновения грозы является достижение конвективными облаками уровня температур  $-20...-25^{\circ}\text{C}$ . При перемещении с севера на юг увеличиваются высоты верхней границы ( $H_{\text{ВГО}}$ ) конвективной облачности и возрастают значения  $H_{\text{ВГО}}$  и отражаемости  $Z$  при грозах. Так, при перемещении от широты  $59^{\circ}\text{с.ш.}$  к  $45^{\circ}\text{с.ш.}$  средняя высота  $H_{\text{ВГО}}$  при грозах возрастает от 7,8 до 9,3 км.

Для распознавания опасных явлений применяют однозначные и комплексные критерии [4, 5]. К однозначным критериям относится величина отражаемости в мощных конвективных облаках с явлением на высоте изотерм 0 и  $-22^{\circ}\text{C}$  ( $\lg Z_2$  и  $\lg Z_3$  соответственно), которая определяет связь отражаемости облака с количеством осадков и восходящими потоками в облаке. В пределах некоторого интервала значений можно с определенной степенью уверенности

говорить о наличии того или иного явления. Превышение значения  $\lg Z$  над установленным пороговым критерием свидетельствует о том, что отмечается другое явление, обладающее большей интенсивностью. Если же  $\lg Z$  не достигает установленного критерия, то отмечается явление меньшей интенсивности.

Другим однозначным критерием служит максимальная высота радиоэха явления  $H_{\text{max}}$ . В ходе своего развития конвективное облако достигает стадии, при которой начинается оледенение его вершины. С этого момента создаются условия для начала интенсивного разделения электрических зарядов и превращения облака в мощное конвективное облако. Так, возникновение гроз и града происходит после превышения радиоэхом мощного конвективного облака уровня изотермы  $-22^{\circ}\text{C}$ . При этом интенсивность явления зависит от мощности  $\Delta H$  переохлажденной части облака ( $\Delta H = H_{\text{max}} - H_{-22^{\circ}\text{C}}$ ).

Считается, что развитие облаков по вертикали происходит до уровня тропопаузы, которая, в силу своих характеристик, является задерживающим слоем для водяного пара. Однако в летний период иногда наблюдаются вертикальные движения воздуха такой интенсивности, что происходит „пробивание” тропопаузы и вынос водяного пара за ее границы  $\Delta H_{\text{троп}}$ . Поэтому превышение облаком уровня тропопаузы ( $\Delta H_{\text{троп}} = H_{\text{max}} - H_{\text{троп}}$ ) также может служить критерием распознавания кучево-дождевых облаков.

Наличие положительной энергии неустойчивости [6] является характеристикой состояния атмосферы, указывающей на возможность развития „глубокой” (интенсивной, мощной) конвекции, а также интенсивных восходящих конвективных потоков, вертикального переноса насыщенной массы воздуха, конденсации водяных паров, образования зон аккумуляции осадков. Использование радиолокационных данных позволяет обнаруживать без расчета модели конвекции кучево-дождевые облака, с которыми связано возникновение опасных конвективных явлений.

Из исследований [7] по использованию данных метеорологических радаров известно, что существует связь между количественными характеристиками конвективной неустойчивости и радиолокационными параметрами облака. Установлено, что наиболее тесно с характеристиками неустойчивости атмосферы связаны такие радиолокационные параметры, как  $H_m$  (высота верхней границы радиоэха кучево-дождевых облаков, км) и максимальная радиолокационная отражаемость радиолокатора  $\lg Z_m$ .

Согласно [8] максимальная конвективная скорость  $W_{mMPЛ}$  (м/с) может быть оценена по данным радиолокатора с использованием произведения  $H_m$  и  $\lg Z_m$ :

$$W_{mMPЛ} = 0,38 \cdot H_m \cdot \lg Z_m + 3,52.$$

Она достигает значений 25 м/с и более и должна определяться с точностью 1 м/с.

В соответствии с [9], вероятность определения погоды с градом по данным метеорологических радаров составляет всего 54 % и совпадает с вероятностью определения ее по данным средней плотности сети с учетом всех метеорологических станций и постов. Столь низкую вероятность определения погоды с градом по данным метеорологических радаров можно объяснить двумя причинами: а) град плохо обнаруживается сетью станций наблюдений, б) радиолокационный метод позволяет определять град только в облаке.

Ливневые осадки интерпретируются по высоте  $H_{ВГО}$  и значениям радиолокационной отражаемости на двух уровнях –  $Z_1$  (уровень 0,6 – 1 км) и  $Z_2$  (2 – 4 км).

Согласно [5], для определенного типа облачности характерны определенные значения отражаемости, измеренные метеорологическими радаром. Интенсивность ливневых осадков определяется, если значения отражаемости характеризуют кучево-дождевые облака, а не вершины кучевых облаков всех типов, высокослоистых и слоисто-дождевых облаков. Известны [10] методы расчета интенсивности ливневых осадков по данным метеорологических радаров. По данным наблюдений об интенсивности и количестве осадков по плувиографу и мощности облаков по данным метеорологических радаров установлена эмпирическая формула для средней интенсивности осадков, выпадающих из фронтальных облачных систем

$$I \text{ (мм/мин): } I = 0,00043 W_m^2.$$

Обложные осадки интерпретируются по радиолокационной отражаемости на уровне  $Z_1$ .

Внутримассовые грозы, к которым относят и грозы на слабовыраженных вторичных фронтах и линиях конвергенции, возникают над районами с резко меняющимися термическими характеристиками и заметным колебанием шероховатости подстилающей поверхности (на берегах рек, озер, водохранилищ, границы городской застройки).

Карта интенсивности осадков является важным прогностическим продуктом. Интенсивность осадков ( $R$ , мм/ч), т.е. слой воды, падающий на единичную площадку в единицу времени, зависит от концентрации и спектра размеров капель и скорости их падения относительно Земли. Интенсивность осадков определяется согласно известному соотношению Маршалла и Пальмера [5]:  $Z=A \cdot R^b$ , где  $Z$  – отражаемость,  $\text{мм}^6/\text{м}^3$ ;  $R$  – интенсивность, мм/ч. Значения параметров  $A$  и  $b$  могут сильно изменяться не только в зависимости от типа дождей и географических условий, но даже в пределах одного типа дождей.

В авиационной метеорологии приняты несколько иные критерии осадков: сильный дождь –  $R>4$  мм/ч, сильный ливень –  $R>10$  мм/ч [11]. Сильные осадки являются фактором риска для авиации. Ливневые дожди интенсивностью не менее 30 мм/ч, смешанные осадки не менее 50 мм, выпавшие не более чем за 12 часов, а также снег не менее 20 мм, выпавший не более чем за 12 часов, относятся к стихийным гидрометеорологическим явлениям.

Поскольку радиолокационная отражаемость  $Z_1$  для расчета интенсивностей и сумм осадков измеряется на высоте 600 м над уровнем установки метеорологической радиолокационной станции, понятно, что достоверно осадки измеряются в радиусе до 100 км. За пределами 100 км измеренная отражаемость  $Z_1$  может характеризовать как осадки, так и облачность. Учитывая непрерывность полей облачности, с большой долей вероятности можно предположить наличие осадков и за пределами 100 км, если туда простирается радиоэхо облачности, в которой осадки наблюдались до 100 км.

В холодный период года верхняя граница облачности существенно ниже, чем в теплый период года. Поэтому, если в теплый период радиоэхо далее 100 км может быть как облачностью, так и осадками, то в холодный период радиоэхо низкой облачности далее 100

км

вообще зачастую не обнаруживается.

Для идентификации шквалов [12] используются два параметра: отражаемость на уровне  $H_3$  и разность высот верхней границы облачности и уровня тропопаузы –  $\Delta H$ . Для определения интенсивности шквалов (слабый, умеренный, сильный), связанных с мощной конвективной облачностью, используются два параметра:  $Z_3$  – значение отражаемости на специальном высотном уровне, высота которого превышает нулевую изотерму на 2,0 – 2,5 км и  $\Delta H$  – превышение верхней границей мощной конвективной облачности уровня тропопаузы.

Для идентификации смерчей [12] используются значения  $Z_3$  и  $Z_{\max}$  (максимальной отражаемости в слое выше 1 км) и  $\Delta H$  (превышения верхней границей мощной конвективной облачности уровня тропопаузы).

- *Требования гидролога.*

Необходима информация о стихийных осадках, которые могут привести к повышению уровня воды в малых горных реках.

- *Требования агрометеоролога.*

Необходима информация о продолжительных сильных осадках (заиливание почвы), градобитии, сильном ветре во время дождя в летнее время года (залегание посевов), смерчах, шквалах.

- *Требования для предоставления данных в региональную модель WRF (Weather Research and Forecasting) [13].*

Эта модель выступает эффективным инструментом решения многих задач физики атмосферы: мониторинга загрязнения атмосферы, изучения климата, моделирования разнообразных мезомасштабных явлений (в частности, бризов, конвективных и других явлений).

Модель основана на численном решении системы уравнений гидротермодинамики атмосферы с учетом процессов в верхнем слое суши или воды. С помощью модели можно получить прогностические поля следующих метеорологических величин:

- приземного давления и геопотенциала основных изобарических поверхностях,
- температуры и влажности воздуха, скорости ветра у поверхности Земли и на основных изобарических поверхностях 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250 и 200 гПа.

Микрофизика включает в себя такие процессы, как водяной пар, облака, осадки. В модели можно использовать восемь различных схем микрофизических процессов. От простых процессов, в которых учитывается только жидкая фаза – вода. До самых сложных, учитывающих все имеющиеся в природе виды гидрометеоров и их взаимодействия.

Параметризация облачности позволяет прогнозировать свойства как восходящих, так и нисходящих потоков, учитывать процессы перемешивания воздуха в облаках и в окружающей среде, моделировать разгрузку облаков и осадков, оценивать продуктивность осадков, позволяют оценивать процессы развития, как сплошной облачности, так и отдельных облаков.

Для справки в таблице приведены основные изобарические поверхности и соответствующие им высоты [14]. Изобарическая поверхность, для которой в оперативной практике составляются карты барической топографии, используется для графического представления и анализа атмосферных условий.

№ п/п	Изобарическая поверхность, гПа	Высота, м	№ п/п	Изобарическая поверхность, гПа	Высота, м
1	1000	приземная	8	250	10000
2	925	400–800	9	200	12000
3	850	1500	10	150	14000
4	700	3000	11	100	16000
5	500	5500	12	50	20000

6	400	7000	13	25	24000
7	300	9000	14	10	31000

- *Для прогноза зон возможного обледенения воздушных судов.*

Обледенение воздушных судов может наблюдаться при необходимом условии, состоящем в наличии переохлажденных облачных капель в нужном количестве. Но это условие не является достаточным. Чувствительность различных типов самолетов и вертолетов к обледенению неодинакова. Она зависит как от характеристик облака, так и от скорости полета и аэродинамических характеристик воздушного судна [3, 11]. Поэтому прогнозируется лишь „возможное” обледенение в слоях, где выполняется его необходимое условие. Такой прогноз должен слагаться, в идеале, из прогноза наличия облаков, их водности, температуры, а также фазового состояния облачных элементов.

Данные в этом случае группируются по квадратам широтно-долготной сетки размером 1,25×1,25 градуса и по высоте в окрестностях стандартных изобарических поверхностей 925, 850, 700 и 500 гПа. Окрестностями полагаются слои 300 – 3000, 3000 – 7000, 7000 – 14000 и 14000 – 21000 футов соответственно.

Прогноз зон возможного обледенения самолетов представляет собой диагноз указанных зон по прогностическим полям температуры, Т°С, и относительной влажности, RH %, на изобарических поверхностях 500, 700, 850, 925 (900) гПа в узлах модельной сетки.

*Основные требования научно-методических и оперативных подразделений Госгидромета Украины к характеристикам гидрометеорологической радиолокационной информации.*

С целью определить требования потребителей к характеристикам гидрометеорологической радиолокационной информации в течение 2015 – 2016 годов (25 декабря 2015 г., 4 апреля и 13 июня 2016 г.) были проведены совещания в Украинском гидрометеорологическом центре и Гидрометеорологическом центре Черного и Азовского морей [15 – 17]. Кроме указанных организаций в состав участников входили: Украинский гидрометеорологический институт, Центральная геофизическая обсерватория, Государственная служба по чрезвычайным ситуациям Украины, Гидрометеорологическая служба Вооруженных Сил Украины, Гидрометеорологический центр Вооруженных Сил Украины, Государственное предприятие Укрaviaметеоцентр, Одесский государственный экологический университет.

В результате проведенных совещаний были приняты следующие решения:

1. Считать перспективным и необходимым создание радиолокационного поля над всей территорией страны.

2. Целью создания, в составе государственной системы наблюдений, радиолокационной системы мониторинга, считать формирование в соответствии с предложенной методикой единого радиолокационного поля над территорией Украины. Оно создается за счет объединения информации от отдельных радиолокационных станций. При этом получается информация об облачности, атмосферных осадках и связанных с ними явлениях погоды, круглосуточно в режиме реального времени для геофизического мониторинга окружающей среды, метеорологического обеспечения воздушной и морской навигации, штормового оповещения, а также в интересах широкого круга потребителей в различных отраслях экономики и государственного управления.

3. Предусмотреть использование метеорологической информации радиолокационной системы мониторинга в оперативных подразделениях, в прогностических центрах, в специализированных авиационных подразделениях гидрометслужбы; в службах активных воздействий на атмосферные процессы; в органах государственного и муниципального управления; в государственных и частных предприятиях различных отраслей экономики; в обмене

государствами-партнерами в рамках сотрудничества.

4. Полагать разработанную в Одесском государственном экологическом университете методологию создания радиолокационной системы мониторинга окружающей среды отвечающей современным научным взглядам на создание больших систем.

5. Проведенные в Одесском государственном экологическом университете исследования показали, что разработанная методика является реальной, воспроизводимой, соответствующей целям и задачам, обоснованной и результативной.

На основании проведенных во время совещаний экспертных опросов считать необходимым при построении радиолокационной системы мониторинга окружающей среды учесть следующие обобщенные требования указанных выше потребителей к качеству получаемой информации:

1. К полноте – получать информацию обо всех явлениях и процессах, которые подлежат радиолокационному мониторингу, во всей толще атмосферы, а именно: осадки теплого и холодного периода года, грозы, град, ветер и связанные с ним явления, сильный туман, процессы вертикального развития. Причем туман и местные ветры нужно отслеживать в прибрежной зоне и возле аэродромов. В приаэродромных зонах также нужно отслеживать вертикальные сдвиги ветра.

2. К пространственной разрешающей способности – в горизонтальной плоскости разрешающая способность должна быть 1 – 2 (0,5 – 2) километра, в вертикальной плоскости – 0,5 (1) километра.

3. К погрешности измерений – погрешности должны быть такими, чтобы существенно не влиять на вторичную обработку радиолокационной информации, а именно, на процедуры распознавания объектов и явлений в атмосфере.

4. К периодичности измерений – получать информацию в синоптические сроки (8-срочную) при малом возмущении атмосферы. При наличии быстротекущих процессов в атмосфере период получения информации должен уменьшаться до значений, которые позволят не пропустить важное явление или процесс. При наличии взрывных метеорологических процессов и явлений наблюдения за ними должны осуществляться в реальном времени или близком к реальному времени.

5. К высотному диапазону – верхняя граница получения радиолокационной информации должна составлять 20 – 30 километров, нижняя граница получения радиолокационной информации должна составлять 0,5 – 1 километра, при мониторинге туманов нижняя граница – 50 метров.

6. К оперативности – после проведения каждого цикла обора зоны наблюдения информация должна передаваться в центр анализа и прогнозирования. При наличии взрывных атмосферных процессов информация передается в режиме реального времени.

7. К надежности – методическая надежность информации должна обеспечиваться постоянным контролем параметров метеорологической радиолокационной станции для реализации возможности воспроизведения результатов измерений в аналогичных условиях. Техническая надежность должна обеспечиваться соответствующим построением радиолокационного поля системы и метеорологического радиолокатора. В практическом плане целесообразно иметь два варианта построения системы – более дешевого, без существенного перекрытия зон наблюдения радиолокационных станций и, следовательно, с несколько меньшей надежностью информационного обеспечения и более дорогого, с перекрытием зон наблюдения радиолокационных станций и с высокой надежностью информационного обеспечения.

8. К качеству информации – основные виды информации нужно предоставлять в соответствии с идеальными требованиями Всемирной метеорологической организации. Не основные виды информации, или основные виды, реализация идеальных требований к которым приведет к значительному повышению стоимости метеорологического радара,

предоставляются в соответствии с минимальными требованиями, то есть такими, при ухудшении которых измерения не имеют практической ценности для решаемого круга задач. Другие

виды информации должны удовлетворять, как минимум, промежуточным требованиям.

9. К безопасности радиолокационной системы – радиолокационные станции должны быть с характеристиками, которые позволят устанавливать их вблизи городов и поселков, или в городах и поселках на мачтах или вышках.

10. К энергетической экономичности – информация от радиолокационных станций должна получаться с минимальными энергетическими затратами.

11. К непрерывности выдачи информации – информация должна предоставляться при наличии опасных явлений и процессов без какой-либо задержки, непрерывно, за счет высокой технической надежности радиолокационных станций и системы в целом.

Явных приоритетов к какому-либо виду или характеристикам информации специалистами, участвующими в опросе, высказано не было. Приведенные выше соображения были получены на основе обобщения высказываний специалистов метеорологов-синоптиков, гидрологов, агрометеорологов, аэрологов, радиометеорологов, авиаметеорологов.

## Выводы

Таким образом, представленные исследования требований потребителей к видам и характеристикам информации, желательной к получению от метеорологической радиолокационной системы мониторинга, и проведенные исследования по радиометеорологическому районированию территории Украины для целей гидрометеорологического радиолокационного мониторинга [18] позволяют в дальнейшем предъявить требования к построению единого радиолокационного поля над территорией Украины.

**Список литературы:** 1. *Huuskonen, A.* The operational weather radar network in Europe / A. Huuskonen, E. Saltikoff, I. Holleman // American meteorological society. – 2014. – P. 897–907. – Режим доступа: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/BAMS-D-12-00216.1>. 2. *Поступление данных от метеолокаторов РОСГИДРОМЕТа, Украины и Белоруссии.* Список локаторов. – Режим доступа: <http://orm.mipt.ru:8000/radars>. 3. *Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации*; под ред. К.Г. Абрамович, А.А. Васильева. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 308 с. 4. *Алексеева, А.А.* Диагноз и прогноз интенсивной конвекции и связанных с нею опасных конвективных явлений / А.А. Алексеева, Н.И. Глушкова // Тр. Гидрометцентра России. – 1993. – Вып. 326. – С. 68–72. 5. *Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике.* – М.: Росгидромет, 2014. – 110 с. 6. *Мэйсон, Б. Дж.* Физика облаков. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 542 с. 7. *Глушкова, Н.И.* Прогноз града и размеров градин по радиолокационным данным / Н.И. Глушкова, А.А. Алексеева // Тр. Гидрометцентра СССР. – 1989. – Вып. 299. – С. 16–22. 8. *Алексеева, А.А.* Оценка максимальной скорости конвективного потока, характеристик ливневых осадков и града по радиолокационной информации / А.А. Алексеева, Б.Е. Песков // Тр. Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2016 – Вып 360. – С.135–148. 9. *Лапчева, В.Ф.* О методике оценки прогнозов конвективных явлений / В.Ф. Лапчева // Тр. Гидрометцентра СССР. – 1980. – Вып. 220. – С. 99–110. 10. *Глушкова, Н.И.* Некоторые результаты исследования по усовершенствованию диагноза и прогноза осадков по данным МРЛ / Н.И. Глушкова // Тр. Гидрометцентра СССР. – 1980. – Вып. 220. – С. 77–83. 11. *Баранов, А.М., Солонин, С.В.* Авиационная метеорология: учебник; 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 383 с. 12. *Руководство по краткосрочным прогнозам погоды.* Ч.1. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 702 с. 13. *ARW Version 3 Modeling System User's Guide* // NCAR. July 2010. – Режим доступа: [http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user\\_guide\\_v3](http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_v3). 14. *ГОСТ 4401-81.* Межгосударственный стандарт. Стандартная атмосфера. Параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 181 с. 15. *Протокол Міжвідомчої наради в Українському гідрометеорологічному центрі „Про перспективи створення єдиного радіолокаційного поля над територією України з метою моніторингу навколишнього*

середовища”. – Київ : УГМЦ. – 25.12.2015. 16. *Протокол* Міжвідомчої наради в Українському гідрометеорологічному центрі „Про розробку системи метеорологічного радіолокаційного моніторингу причорноморського регіону України”. – Київ : УГМЦ. – 04.04.2016. 17. *Протокол* Службової наради в Гідрометеорологічному центрі Чорного та Азовського морів „Надання вимог Гідрометеорологічним центром Чорного та Азовського морів як споживачем до видів і просторово-часових характеристик інформації, яка одержується від метеорологічної радіолокаційної мережі”. – Одеса : ГМЦ ЧАМ. – 13.06.2016. 18. *Удосконалення* методів побудови систем одержання і обробки виміральної інформації з метою моніторингу навколишнього середовища: наук.-техн. звіт (номер держ. реєстрації 0113U000164) / Одес. држ. еколог. ун-т ; кер. Б.В. Перелигін. – Одеса, 2013 –2015.

*Одесский государственный  
экологический университет*

*Поступила в редколлегию 17.10.2016*