

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 требуемым 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 $-20\dots-25^{\circ}\text{C}$. 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°с.ш. к 45°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°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_{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°C . При этом интенсивность явления зависит от мощности ΔH 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 $W_{\text{МПЛ}}$ (м/с) может быть оценена по данным радиолокатора с использованием произведения H_m и $\lg Z_m$:

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

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 пьювиографу и мощности облаков по данным метеорологических радаров установлена эмпирическая формула для средней интенсивности осадков, выпадающих из фронтальных облачных систем I (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 – ΔH . 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 ΔH – пре-

вышение 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 ΔH (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” облечение 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 $1,25 \times 1,25$ 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 облечения самолетов представляет собой диагноз указанных зон по прогностическим полям температуры, $T^{\circ}\text{C}$, 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 Укравиметеоцентр, 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 с 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 ней 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. 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 вимірювальної 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