

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ
МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«БЕЛОРУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

РАЗВИТИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БЕЛАРУСИ В XX–XXI веках

**Материалы
международной научно-практической очно-заочной конференции,
посвященной 100-летию Белорусского государственного университета,
60-летию кафедры физической географии и образовательных технологий,
100-летию со дня рождения профессора О. Ф. Якушко**

Минск, 24–26 марта 2021 г.

Научное электронное издание

МИНСК, БГУ, 2021

УДК 910(082)
ББК 26.8я43

Под общей редакцией П. С. Лопуха

Редакционная коллегия:

П. С. Лопух (гл. ред.), Ю. А. Гледко, Д. М. Курлович,
Е. В. Логинова, Е. В. Матюшевская (отв. секретарь)

Рецензенты:

доктор географических наук *Ю. М. Обуховский*;
доктор экономических наук *А. В. Неверов*

Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI веках [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-практ. оч.-заоч. конф., посвящ. 100-летию Белорус. гос. ун-та, 60-летию каф. физ. географии и образоват. технологий, 100-летию со дня рождения проф. О. Ф. Якушко, Минск, 24–26 марта 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; под общ. ред. П. С. Лопуха ; редкол.: П. С. Лопух (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-881-064-1.

Представлены материалы международной научно-практической конференции, посвященной столетию со дня основания Белорусского государственного университета, 60-летию кафедры физической географии и образовательных технологий, 100-летию со дня рождения профессора Ольги Филипповны Якушко. Рассмотрены актуальные проблемы современной метеорологии и климатологии, лимнологии и гидрологии, климатические риски, инновационные педагогические технологии и особенности развития географического образования, методологии современных географических исследований.

Адресуется научным работникам, специалистам в области гидрологии и метеорологии, а также образовательных технологий.

Минимальные системные требования:

PC, Pentium 4 или выше; RAM 1 Гб; Windows XP/7/10;
Adobe Acrobat.

Оригинал-макет подготовлен в программе Microsoft Word.

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *Е. В. Логинова*

Подписано к использованию 24.03.2021. Объем 27,9 МБ.

Белорусский государственный университет.
Управление редакционно-издательской работы.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.
Телефон: (017) 259-70-70.
email: urir@bsu.by
<http://elib.bsu.by>

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ И ОБНАРУЖЕНИЯ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Бурак Р. Н.

*Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет)
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: orap4@pogoda.by*

В Белгидромете наличие информационно-технологической базы позволило создать автоматизированную систему краткосрочного и сверхкраткосрочного прогноза опасных явлений погоды. На основе выходной продукции численных моделей атмосферы WRF, GFS, UM, ICON выполнена реализация счета краткосрочного прогноза опасных явлений погоды: грозы, града по методу Г. Д. Решетова и по методикам, основанным на расчетах параметров неустойчивости; гололеда по методам Р. А. Ягудина и А. И. Снитковского; тумана по методу И. В. Кошеленко. Для сверхкраткосрочного прогноза опасных явлений конвективного происхождения используется выходная продукция численных моделей атмосферы, спутниковая и радиолокационная информация. Диагноз различных конвективных характеристик достигается за счет комбинации спутниковых каналов, температурных трендов. Результаты численного прогнозирования опасных явлений погоды представлены в виде карт, аэрологических диаграмм.

Ключевые слова: выходная продукция численных моделей атмосферы; методы; опасные явления погоды; краткосрочные и сверхкраткосрочные прогнозы.

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF HYDROMETEOROLOGICAL FORECASTS AND DETECT DANGEROUS HYDROMETEOROLOGICAL PHENOMENA

Burak R. N.

*Government agency «Republican Center for Hydrometeorology, Radioactive Contamination Control and Environmental Monitoring» (Belhydromet)
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: orap4@pogoda.by*

In Belhydromet, the availability of an information technology base has made it possible to create an automated system for short-term and ultra-short-term forecast of dangerous weather phenomena. Based on the output products of the numerical models of the atmosphere WRF, GFS, UM, ICON, the implementation of the account of short-term forecast of dangerous weather phenomena: thunderstorms, hail by the method of G. D. Reshetov and according to methods based on calculations of the parameters of instability; ice according to the methods of R. A. Yagudin and A. I. Snitkovsky; fog by the method of I. V. Koshelenko. For ultra-short-term forecasting of dangerous phenomena of convective origin, the output products of numerical atmospheric models, satellite and radar information is used. Diagnosis of various convective characteristics are achieved through a combination of satellite channels and temperature trends. The results of

numerical forecasting of dangerous weather phenomena are presented in the form of maps, aerological diagrams.

Keywords: output from numerical atmospheric models; methods; hazardous weather phenomena; short-term and ultra-short-term forecasts.

В настоящее время численный прогноз погоды достиг высокого уровня развития. Развитию метеорологии наряду с функционированием глобальных наблюдательных систем способствуют следующие факторы: достижения в области нелинейной физики и методов численного моделирования атмосферных процессов; использование сложных многопроцессорных систем, т.е. суперкомпьютеров, для счета моделей атмосферы. Численные прогнозы погоды, полученные на основе гидродинамических моделей атмосферы, воспроизводят фоновое состояние прогностических полей метеоэлементов, поэтому еще не могут в полной мере прогнозировать метеорологические величины локального характера, включая опасные явления. Уровень их достоверности и детализации зависит от многих факторов, например от горизонтального разрешения применяемой модели, используемых параметризаций физических процессов. Для прогноза явлений локального масштаба (опасных явлений погоды) используются средства объективной интерпретации выходной продукции численных моделей атмосферы на основе статистических и физико-статистических методов. В процессе выполнения работы были рассмотрены существующие методики прогноза опасных явлений, характерных для территории Беларуси: явления конвективного происхождения, бароградиентные и гололедно-изморозевые явления, а также определены количественные критерии состояния атмосферы, при которых они возникают. Для прогноза опасных явлений конвективного характера (сильные ливни, шквалы, грозы, град) используются методики, основанные на расчетах индексов неустойчивости. Например, для определения возможности возникновения грозы существуют такие индексы, как CAPE (энергия неустойчивости), индекс неустойчивости K_i (число Вайтинга); комплексный критерий SWEAT; индекс L_i , характеризующий термическую стратификацию атмосферы по отношению к вертикальным перемещениям воздуха, и много других. В связи с тем, что условия возникновения опасных явлений, характерных для территории Республики Беларусь, аналогичны для европейской территории России, были рассмотрены различные методики прогноза опасных явлений, применяемые в Гидрометцентре России: метод Г. Д. Решетова [1] для прогноза грозы и града, методы Р. А. Ягудина [2] и А. И. Снитковского [3] для прогноза гололеда, метод И. В. Кошеленко [4] для прогноза тумана.

В Белгидромете для подготовки исходных данных для расчета опасных явлений погоды предоставляется два способа получения прогностических данных моделей: получение данных в результате счета модели непосредственно в нашем центре и использование готовых модельных полей, полученных по каналам связи, предоставляемых метеорологическими центрами других стран или скачанных с серверов метеоцентров. В настоящее

время для расчета опасных явлений обрабатываются прогностические данные следующих численных моделей атмосферы:

- GFS с горизонтальным разрешением 0.25°;
- ICON с горизонтальным разрешением 0.0625°;
- IFS с горизонтальным разрешением 0.1°;
- UM с горизонтальным разрешением 0.86° и 1.0°;
- WRF с горизонтальным разрешением 3 км и 15 км.

Обработка выходной продукции численных моделей позволяет подготовить необходимые метеопараметры для счета опасных явлений на пункты. В АРМ синоптика-прогнозиста опасные явления при краткосрочном прогнозе отображаются в двух разделах: карты и таблицы численного прогноза метеоэлементов. На карту наносится значение порыва ветра, признак наличия тумана, вероятность грозы, признак наличия гололеда. На рисунке 1 представлена карта со значениями численного прогноза метеоэлементов согласно схеме наноски.



Рисунок 1 – Карта численного прогноза метеоэлементов

Для теплого периода года наносится значение порыва ветра, признак наличия тумана, вероятность грозы (%), для холодного периода года – признак наличия гололеда взамен грозы.

С 2014 года в Белгидромете функционирует на суперкомпьютере автоматизированный комплекс мезомасштабного прогнозирования по европейской территории на основе модели WRF [5]. В настоящее время используется версия 4.2 с соответствующей системой подготовки данных WPS (WRF Preprocessing System). Счет модели производится 2 раза в сутки за исходные сроки 00 и 12 UTC. В результате счета модели WRF и дальнейшего пост-процессинга формируется большой набор выходных параметров, в том числе и индексы неустойчивости. Для их визуализации в автоматическом режиме разработаны скрипты на внутреннем скриптовом языке ПО GrADS.

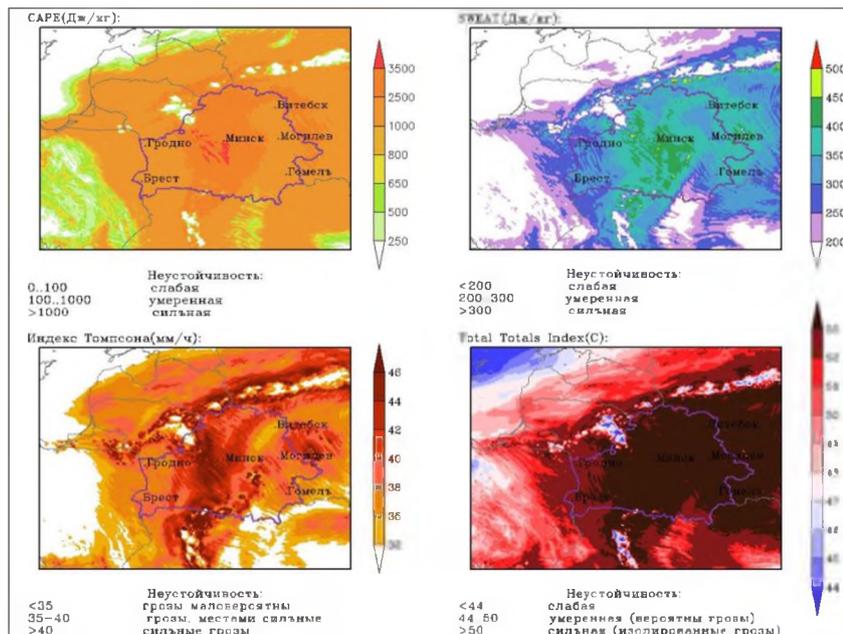


Рисунок 2 – Прогноз индексов неустойчивости на 12 UTC 11.06.20 по исходным данным за 00 UTC 11.06.20

Следует отметить, что для окончательного решения о возможности возникновения опасного конвективного явления лучше использовать критерии методик и индексы неустойчивости в совокупности, так как по отдельности они недостаточно характеризуют сложные конвективные процессы.

Несмотря на большое количество прогностических методик, многие явления еще плохо изучены, а некоторые настолько небольшие по масштабу, что существующая сеть наблюдений их не фиксирует. Используемые методы краткосрочного прогноза дают возможность определить лишь зоны, потенциально опасные для развития явлений погоды. Автоматизированные системы сверхкраткосрочного прогноза (наукастинга) позволяют уточнить краткосрочный прогноз опасных явлений погоды за счет непрерывного режима обнаружения мезомасштабных явлений, отслеживания их развития и перемещения в пространстве и во времени. В основе технологии наукастинга для прогноза явлений конвективного происхождения используется спутниковая, радарная информация, сети грозопеленгации и данные моделей высокого пространственного разрешения.

В рамках проекта NWC SAF (Nowcasting Satellite Application Facility) Европейской организацией по эксплуатации спутников EUMETSAT совместно с европейскими метеослужбами создано приложение, позволяющее эффективно применять спутниковые данные, совместно с прогностическими данными численных моделей и другими видами метеоданных, для сверхкраткосрочного прогноза (наукастинга) [8]. Белгидромет получил бесплатную лицензию на программное обеспечение, которое включает в себя широкий спектр продуктов, которые позволяют

оценить возможность возникновения и развития конвективных явлений. Карты по данным мониторинга ДЗЗ формируются в программном комплексе «Метеопортал Белгидромета», разработанном в рамках проекта совместно с УП «Геоинформационные системы». В NWC SAF также входит много продуктов для анализа состояния атмосферы и детектирования зон конвекции, в том числе продукт EXIM, способный применить кинематическую экстраполяцию, используя векторы движения атмосферы.

В этот день фактически по территории Республики Беларусь были грозы.

Для более точного термодинамического анализа атмосферы используется аэрологическая диаграмма, на которой интерес представляют кривые стратификации температуры и точки росы, кривая изменения состояния. Более высокие значения энергии неустойчивости указывают на более интенсивную конвекцию в облаке, т.е. на более опасные явления погоды

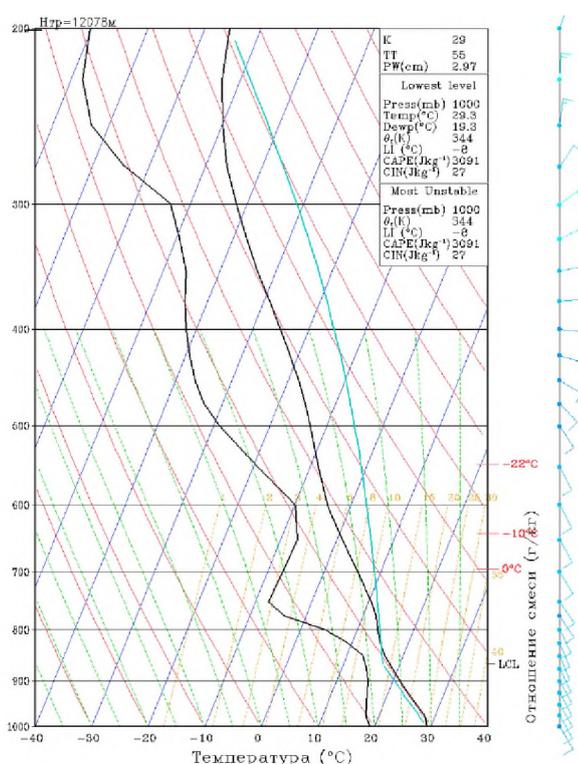


Рисунок 3 – Прогностическая аэрологическая диаграмма на 12 UTC 11.06.20 по исходным данным за 00 UTC 11.06.20

Для идентификации наиболее мощных конвективных структур в Белгидромете выполнена настройка программного комплекса «Выявление зон глубокой конвекции (MSG_STRATIFICATION)» [6], алгоритм которого наиболее доступен по входным данным в информационно-технологической базе центра. Использование выходной продукции мезомасштабных моделей атмосферы и данных дистанционного зондирования способствует повышению качества прогноза погоды.

В заключение следует отметить, что для определения вероятности развития опасных явлений, особенно тех, математическое моделирование которых на данном этапе развития науки невозможно, используются так называемые концептуальные модели, основанные на знании механизма образования, структуры и жизненного цикла прогнозируемого явления. Концептуальные модели формируются на основании комплексного изучения явления – экспериментальных, эмпирических данных и теоретических предположений. Именно знание концептуальной модели того или иного явления вселяет в прогнозиста-синоптика уверенность в отношении необходимости внесения тех или иных изменений в прогностическую продукцию мезомасштабной модели. Следует отметить, что успешность прогноза в первую очередь определяется способностью математических моделей воспроизводить изменчивость атмосферной циркуляции разных пространственно-временных масштабов.

Привлечение научного потенциала в области численного прогноза погоды, высококвалифицированных кадров в области метеорологии, вычислительной техники, программирования, связи и телекоммуникации будет способствовать дальнейшему повышению успешности прогнозов погоды.

Библиографические ссылки

1. Решетов, Г.Д. Метод прогноза дневных и ночных гроз с заблаговременностью 12-36 часов. Методические указания для синоптиков АМСГ, АМЦ, ЗАМЦ и ГАМЦ; / Г.В. Решетов. – Л.: Гидрометтеиздат, 1985. – 16 с.
2. Ягудин, Р.А. Рекомендации к прогнозу гололеда. Методическое письмо. / Р.А. Ягудин. – Новосибирск, 1978. – 6 с.
3. Багров, Н.Н. Применение метода обобщенного портрета для численного прогноза гололеда / Н.Н. Багров, А.И. Снитковский // Тр. ГМЦ СССР. – 1974. – вып.149. –С.3-13.
4. Кошеленко, И.В. Методика прогноза тумана и его интенсивности. Методическое письмо. /И.В. Кошеленко. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 55с.
5. Определение набора параметров верификации рабочей версии программно-методического комплекса мезопрогнозирования атмосферных процессов: отчет о НИР (заключ.) / Отв. исполнитель И.А. Деменцова. – Минск: Респ. гидрометеорол. центр, 2014. – 135 с. – Инв. № 4229.
6. Прохареня, М.И. Применение метода комплексного диагноза и прогноза мощных конвективных структур над территорией Республики Беларусь для летнего периода 2018 года. / М.И. Прохареня, А.А. Спрыгин // Природные ресурсы, 2019. – №1.
7. Разработать в Белгидромете систему сверхкраткосрочного и краткосрочного прогнозов опасных метеорологических явлений: отчет о НИР (промежут.) / отв.исполнитель Р.Н.Бурак. – Минск: Белгидромет, 2020. – 38 с.
8. Home – NWCSAF. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nwcsaf.org/>. – Дата доступа: 12.02.2020.