

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛЬСКОГО ПРИКАМЬЯ*

С.В. Пьянков, *Пермский государственный национальный исследовательский университет*
Н.А. Калинин, *Пермский государственный национальный исследовательский университет*
Е.М. Связов, *Пермский государственный национальный исследовательский университет*
А.Н. Шихов, *Пермский государственный национальный исследовательский университет*

Представлены основные результаты исследований в области математико-картографического моделирования и прогнозирования опасных гидрометеорологических явлений (ОГМЯ) на территории Уральского Прикамья. На основе систематизации результатов исследований был создан первый в России атлас опасных гидрометеорологических явлений регионального уровня. Выделены основные особенности данного атласа. Описаны подходы к созданию климатических карт исследуемой территории. Рассмотрено два подхода к созданию карт режимных характеристик опасных явлений погоды. Представлены результаты применения многолетних данных космической съемки для изучения пространственно-временного распределения засух, лесных пожаров и крупных ветровалов на территории региона. Кратко рассмотрена разработанная в рамках проекта база данных опасных явлений погоды на территории Уральского Прикамья.

Ключевые слова: опасные гидрометеорологические явления, математико-картографическое моделирование, атласное картографирование, данные дистанционного зондирования Земли.

Опасные гидрометеорологические явления (ОГМЯ) представляют собой один из основных источников чрезвычайных ситуаций природного характера на территории Пермского края. В условиях изменения климата их повторяемость и интенсивность может возрасти. В связи с этим требуется более детальное изучение пространственно-временного распределения данных явлений, выделение зон их повышенной повторяемости и интенсивности, а также совершенствование системы мо-

нитинга и прогнозирования на основе применения методов дистанционного зондирования и мезомасштабных моделей прогноза погоды.

В 2014–2016 гг. в рамках реализации проекта РФФИ «Математико-картографическое моделирование и сверхкраткосрочный прогноз опасных гидрометеорологических явлений на территории Уральского Прикамья» были проведены исследования ОГМЯ на основе комплексного анализа данных наземного и

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-96000).

спутникового мониторинга и применения методов математико-картографического моделирования. Основные полученные результаты обобщены в Атласе опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья [5], который является первым в России региональным атласом, полностью посвященным данной тематике.

Целью создания атласа является представление наиболее полной пространственной информации о различных видах опасных гидрометеорологических явлений, а также их последствий, наблюдающихся на территории региона. Ключевой особенностью атласа является использование при его создании широкого набора исходных данных, включающего наблюдения на гидрометеорологической сети, многолетние ряды результатов космического мониторинга, данные реанализа и мезомасштабного моделирования метеорологических процессов. В результате этого стало возможным обновление су-

ществующих и создание новых картографических материалов с более высокой достоверностью и в более крупном масштабе.

Таким образом, решается основная проблема картографирования ОГМЯ на региональном уровне, заключающаяся в дефиците исходной информации. В издании не только представлены карты режимных характеристик опасных явлений, но и приведен более детальный анализ характерных или выдающихся случаев за последнее десятилетие, что позволяет использовать данный атлас и в прогностической практике (с использованием метода аналогий). Также при создании атласа были обновлены на основе актуальных данных карты основных климатических характеристик территории Пермского края (рис. 1). Созданный атлас представляет собой не только набор иллюстративных картографических материалов, но и совокупность связанных между собой баз данных, в которых отражено современное

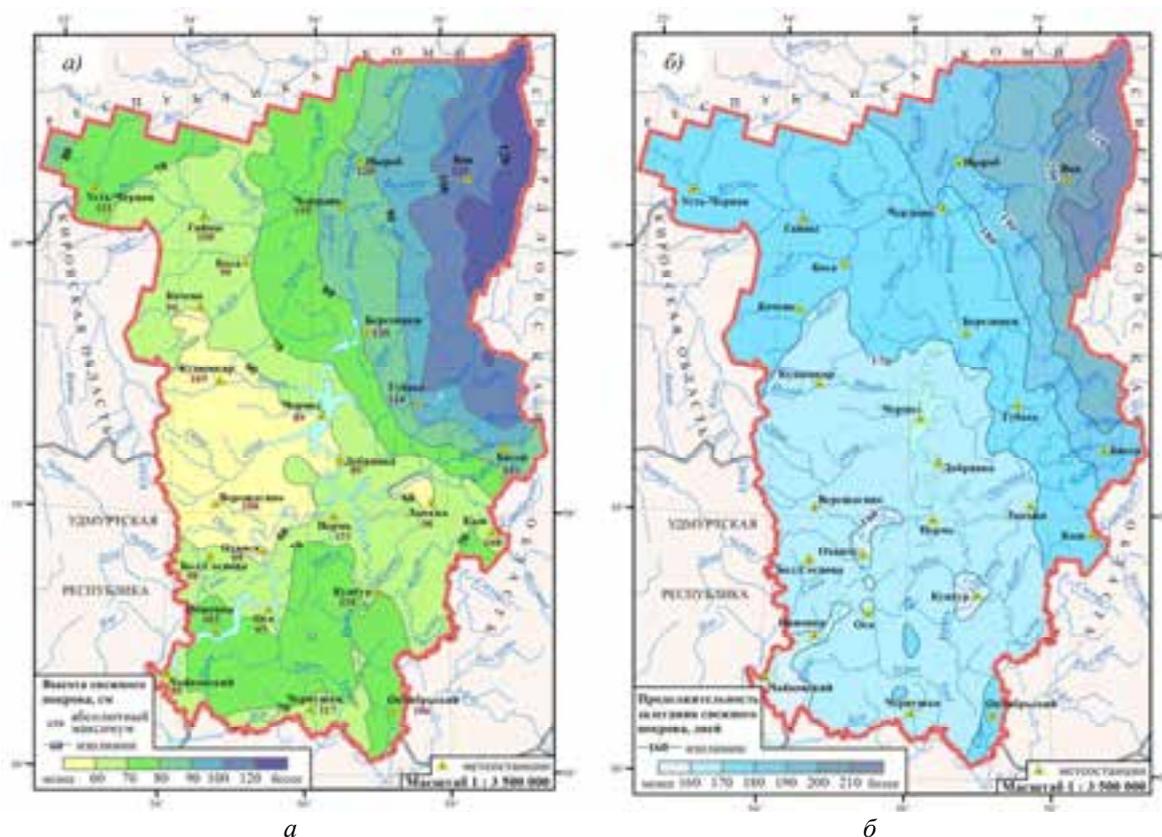


Рис. 1. Примеры климатических карт из Атласа ОГМЯ Уральского Прикамья: а) высота снежного покрова; б) продолжительность залегания снежного покрова

состояние климата региона и закономерности пространственно-временного распределения ОГМЯ.

При создании атласа были разработаны подходы к картографированию пространственно-временного распределения опасных явлений погоды на региональном уровне, основанные на расчете повторяемости и плотности пространственного распределения случаев. Повторяемость рассчитывается для тех случаев опасных явлений, которые регулярно фиксируются метеостанциями (экстремальные температуры воздуха, интенсивные осадки). Плотность числа случаев оценивается для конвективных явлений (крупный град, шквал, смерч), которые обычно пропускаются метеостанциями в силу своего локального характера и фиксируются по данным о нанесенном ущербе. При оценке плотности пространственного распределения конвективных явлений были учтены также данные о крупных ветровалах в лесных массивах Пермского края за период 2001–2015 гг., полу-

ченные по многолетнему ряду снимков LANDSAT. Полученные карты приведены на рис. 2.

Одной из ключевых особенностей атласа является широкое применение при его создании материалов съемки Земли со спутников Terra/Aqua MODIS, LANDSAT, SPOT-5/6. На их основе создан раздел Атласа, посвященный наиболее значимым негативным последствиям ОГМЯ, к числу которых отнесены засухи, лесные пожары, ветровалы и наводнения. В данном разделе представлен ряд принципиально новых карт, их примеры приведены на рис. 3:

- карта повторяемости затоплений речных пойм, построенная по многолетнему ряду снимков Terra/Aqua MODIS,
- динамические карты развития засух в 2010 и 2013 гг., построенные на основе индекса условий вегетации, по снимкам Terra/Aqua MODIS,
- карты крупных лесных пожаров и крупных ветровалов за период 2001–2015 гг., построенные на основе анализа многолетнего ряда снимков LANDSAT.

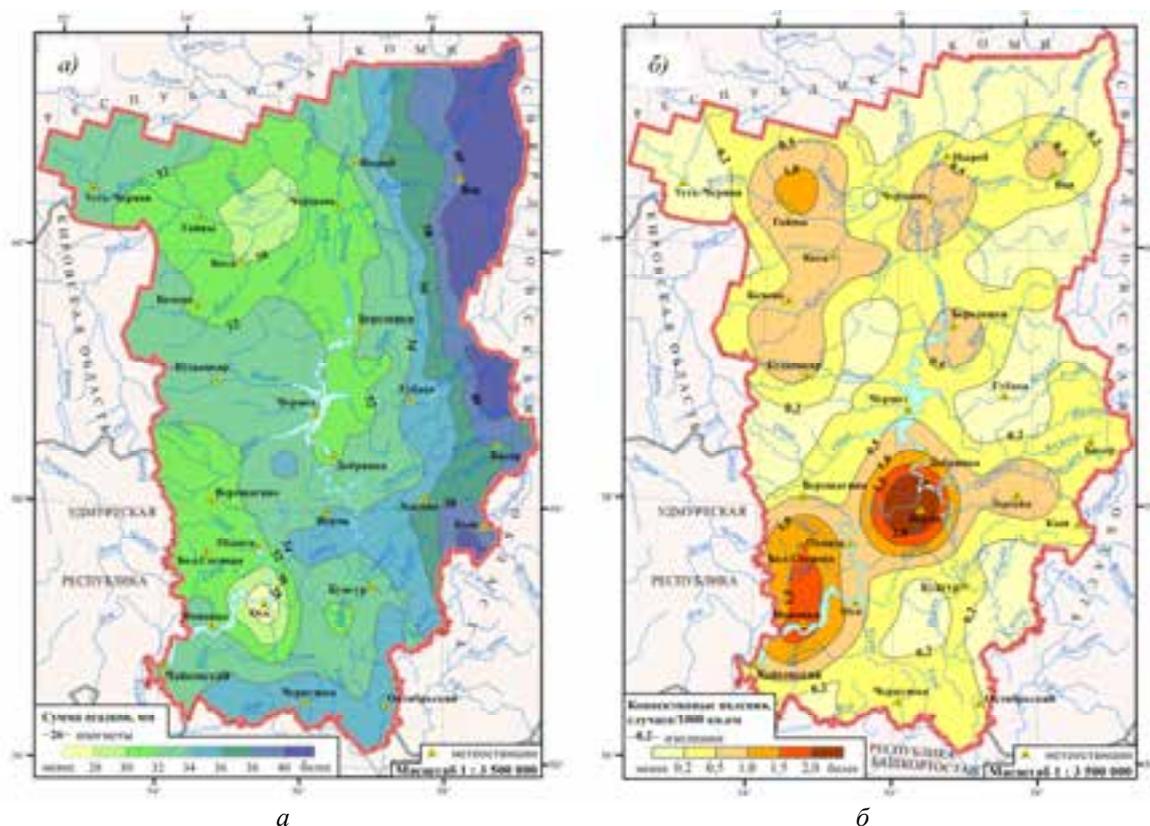
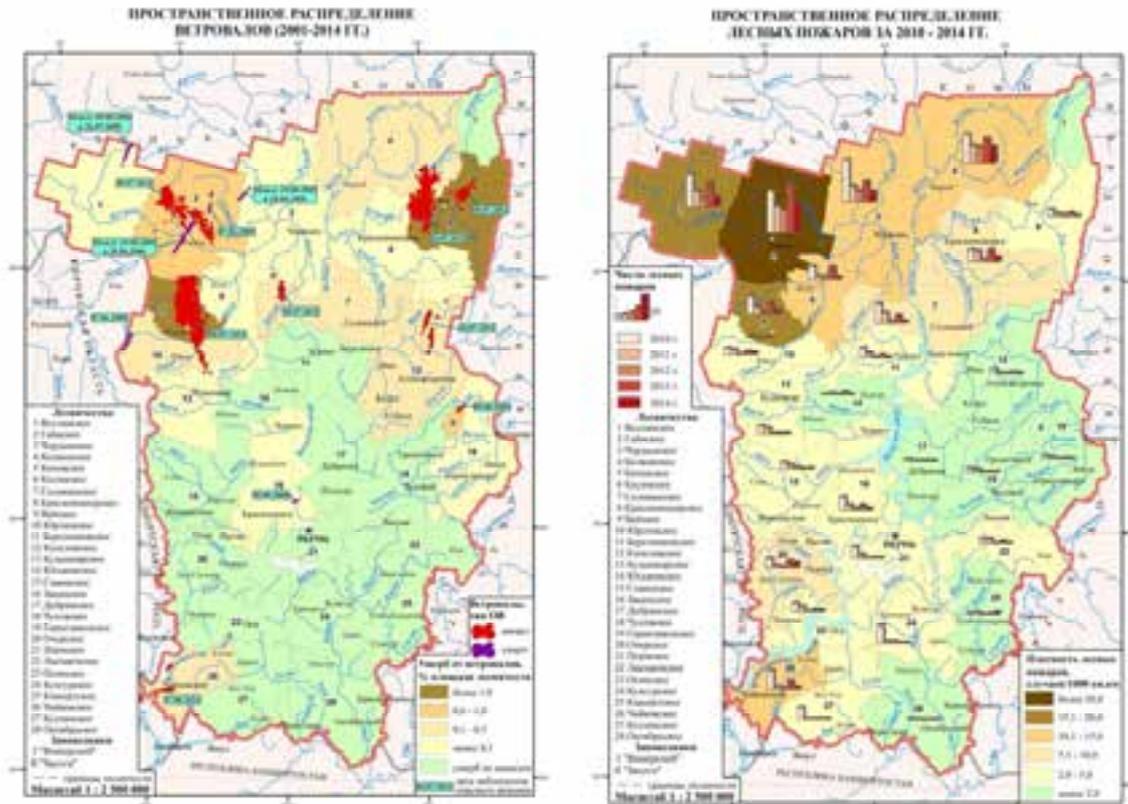


Рис. 2. Примеры карт режимных характеристик опасных явлений погоды: а) среднегодовой суточный максимум осадков; б) повторяемость опасных конвективных явлений



ХАРАКТЕРИСТИКА ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАСУХИ ЛЕТОМ 2010 ГОДА

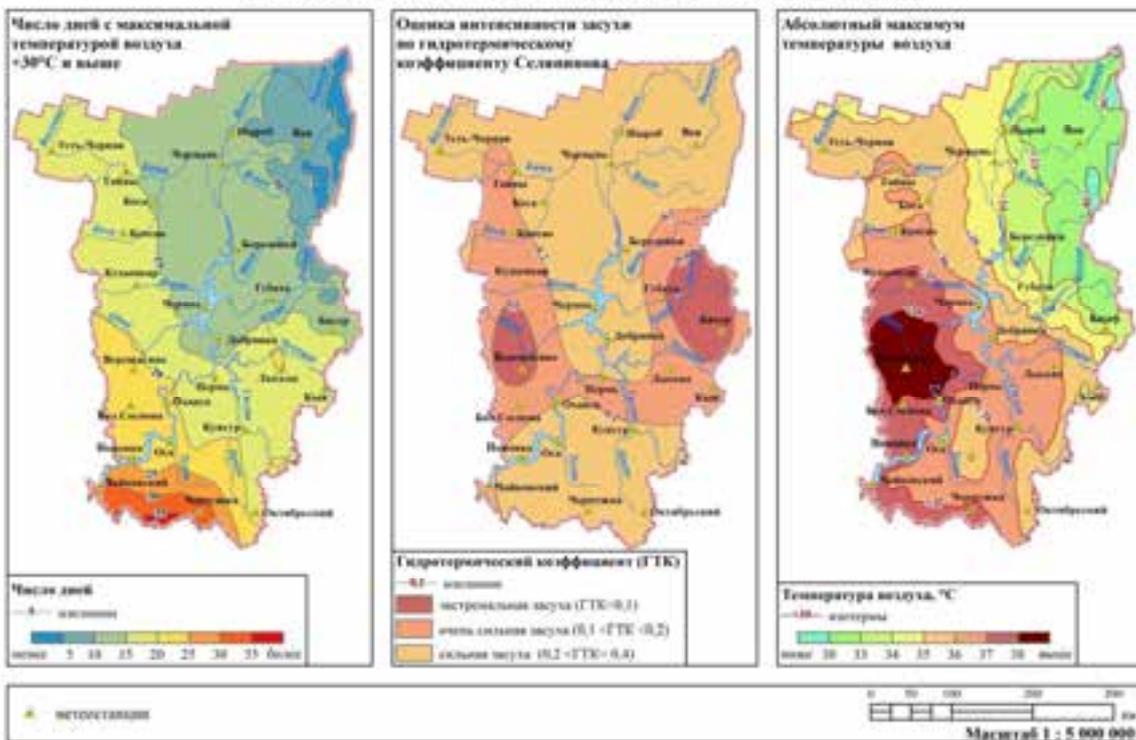


Рис. 3. Примеры карт пространственного распределения ущерба от ОГМЯ из Атласа опасных гидрометеорологических явлений

В ходе реализации проекта была также создана и опубликована в открытом доступе в Интернете (<http://map.psu.ru/search.aspx/>) база данных опасных и неблагоприятных явлений погоды на территории Пермского края за период с 1981 г. до настоящего времени. База данных содержит основные сведения о случаях опасных и неблагоприятных явлений погоды, нанесенном ими ущербе, а также дополнительную информацию (космические снимки, данные реанализа, фотографии). Она является региональным аналогом European Severe Weather Database (ESWD) с некоторыми усовершенствованиями. В настоящее время в базу данных занесены сведения о 1396 случаях опасных и неблагоприятных явлений погоды, наблюдавшихся на территории Пермского края в период с 01.01.1981 г. по настоящее время.

В ходе реализации проекта также проведены исследования применимости мезомасштабной модели атмосферы WRF для прогнозирования опасных явлений погоды (конвективных явлений и сильных снегопадов). В результате работы были опреде-

лены оптимальные настройки модели для получения наиболее успешного прогноза (шаг сетки, начальные условия, выбор параметризаций подсеточных процессов). Выявлены основные систематические ошибки прогноза конвективных опасных явлений по модели WRF. Установлено, что место и время возникновения явления прогнозируется существенно хуже, чем их интенсивность, а основным источником ошибки являются входные данные глобальной модели.

Также на примере трех случаев очень сильных снегопадов в октябре 2014 и 2015 гг. проведено сопоставление надежности прогноза по мезомасштабной (WRF), и глобальной (GFS) моделям. Показано, что обе модели адекватно воспроизводят возникновение крупномасштабных систем зон осадков, а существенного улучшения качества прогноза от перехода к мезомасштабной модели не выявлено, за исключением зон осадков максимальной интенсивности. В пределах этих областей ошибка прогноза по мезомасштабной модели оказалась меньше, чем по глобальной модели.

Библиографический список

1. *Абдуллин Р.К., Шихов А.Н.* Картографирование пространственно-временного распределения опасных метеорологических явлений в Пермском крае // Вест. Удмуртского ун-та. Сер.: Биология, Науки о Земле. – 2015. – № 4. – С. 98–106.
2. *Калинин Н.А.* Мониторинг, моделирование и прогноз состояния атмосферы в умеренных широтах: монография. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2015. – 308 с.
3. *Калинин Н.А., Ветров А.Л., Пицальникова Е.В., Связов Е.М., Шихов А.Н.* Оценка качества прогноза очень сильного снегопада на Урале с помощью модели WRF // Метеорология и гидрология. – 2016. – № 3. – С. 55–62.
4. *Пьянков С.В., Шихов А.Н.* Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз. – Пермь: Изд-во ООО «Раритет–Пермь», 2014. – 296 с.
5. *Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К.* Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2016. – 116 с.
6. *Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К.* Опыт создания регионального Атласа опасных гидрометеорологических явлений (на примере Пермского края) // Географический вестник. – 2016. – № 1. – С. 120–131.
7. *Шихов А.Н.* Оценка последствий стихийных природных явлений для лесных ресурсов Пермского края по многолетним рядам данных космической съемки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11. – № 1. – С. 21–30.
8. *Шихов А.Н., Быков А.В.* Изучение двух случаев сильных смерчей в Предуралье // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 3. – С. 124–133.
9. *Шихов А.Н., Быков А.В.* Оценка качества прогноза мезомасштабных конвективных систем на Западном Урале с помощью модели WRF и спутниковых данных MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13. – № 1. – С. 137–148.
10. *Шихов А.Н., Быков А.В.* База данных об опасных и неблагоприятных явлениях погоды в Пермском крае как региональный аналог ESWD // Географический вестник. – 2014. – № 4. – С. 102–109.

**GIS-BASED MODELING AND FORECASTING DANGEROUS
HYDROMETEOROLOGICAL PHENOMENA IN THE URAL REGION
KNOWN AS URALSKOE PRIKAMYE**

S.V. Pyankov, N.A. Kalinin, E.M. Sviyazov, A.N. Shikhov

Perm State National Research University

The article describes the main results of an RFBR-supported research project, in the field of GIS-based modeling and forecasting hazardous hydrometeorological phenomena in the Ural region known as Uralskoe Prikamye. The main result of research is the creation of the first regional atlas of hydrometeorological hazards. The basic features of this atlas are singled out and the approaches to the creation of climatic maps of the studied region are described. We consider two approaches to creating maps of regime parameters of dangerous weather phenomena. The results of the application of long-term satellite data for the study of spatial and temporal distribution of drought, forest fires and severe forest windthrows are also presented. The database of dangerous weather phenomena, developed within the project, in the Ural Prikamye region is briefly considered. Finally, the list of publications, presenting the main results of research, is shown.

Keywords: dangerous hydrometeorological phenomena, GIS-based modeling, atlas mapping, Earth remote sensing data.

Сведения об авторах

Пьянков Сергей Васильевич, доктор географических наук, заведующий кафедрой картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: pyankovsv@gmail.com

Калинин Николай Александрович, доктор географических наук, заведующий кафедрой метеорологии и охраны атмосферы, ПГНИУ; e-mail: kalinin@psu.ru

Свиязов Евгений Михайлович, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы, ПГНИУ; e-mail: sviyazov74@mail.ru

Шихов Андрей Николаевич, кандидат географических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, ПГНИУ; e-mail: and3131@inbox.ru

Материал поступил в редакцию 21.10.2016 г.