



УДК 551.51

Исследование конвекции с использованием численной модели Кайна – Фритша

Лхамжавын Жамбажамц (jambajamts@num.edu.mn)

Маналжавын Цоозол (tsoozol@num.edu.mn)

В. К. Аргучинцев (arg@math.isu.ru)

Аннотация. Представлены результаты исследований конвекции, которая нанесла ущерб людям и экономике 14–15 июля 2010 г. в районе г. Улан-Батора. Использовалась третья версия программы моделирования WRF (Weather Research and Forecasting). Результаты были сопоставлены с метеорологическими данными наблюдений.

Ключевые слова: численная модель, конвекция, микрофизические характеристики облака, капли.

Введение

Подавляющее большинство катастрофических ливней, сильного шквалистого ветра, гроз и градобитий связано с развитием в атмосфере интенсивной конвекции, поэтому в последние десятилетия во многих странах создавались негидростатические модели, способные непосредственно воспроизводить конвекцию без использования каких-либо процедур ее параметризации, применяемых обычно в гидростатических моделях. Было показано многими исследователями, что применение трехмерных нестационарных моделей с использованием компьютеров с высокой скоростью и точностью дает достаточно хорошие результаты [10]. Изучение местных конвективных облаков с помощью моделирования было начато с 1940 г. [9]. Мезомасштабные конвективные системы (МКС) являются основной причиной наводнений и часто сопровождаются сильным ветром и градом. Ансамбль из гроз может образовывать непрерывную область осадков в одном направлении до 100 км [5]. Динамика МКС является более сложной, чем в отдельных кучево-дождевых облаках [4]. МКС часто содержат большие области слоистых осадков и являются важным связующим звеном между атмосферной конвекцией и крупномасштабной циркуляцией [5]. Прогнозирование МКС и сильных гроз особенно важно для авиации, электроэнергетики и других отраслей хозяйства страны [3]. В настоящей работе изложены результаты оценки качества воспроизведения сильных осадков и ветра на основе негидростатической модели WRF (Weather Research and Forecasting), которая является моделью общего пользования и применяется как в исследовательских, так и в прогностических целях.

Метод исследования

В нашем исследовании мы использовали программу моделирования ARW (Advanced Research WRF), которая является третьей версией WRF (метеорологических исследований и прогнозирования), созданную в США в Национальном центре по исследованию атмосферы (NCAR).

Детальное описание третьей версии можно найти в работе Скамароха и др. [11], а также в руководстве по ARW [13].

В настоящее время более 150 научно-исследовательских центров и институтов во всем мире используют эту систему (рис. 1).

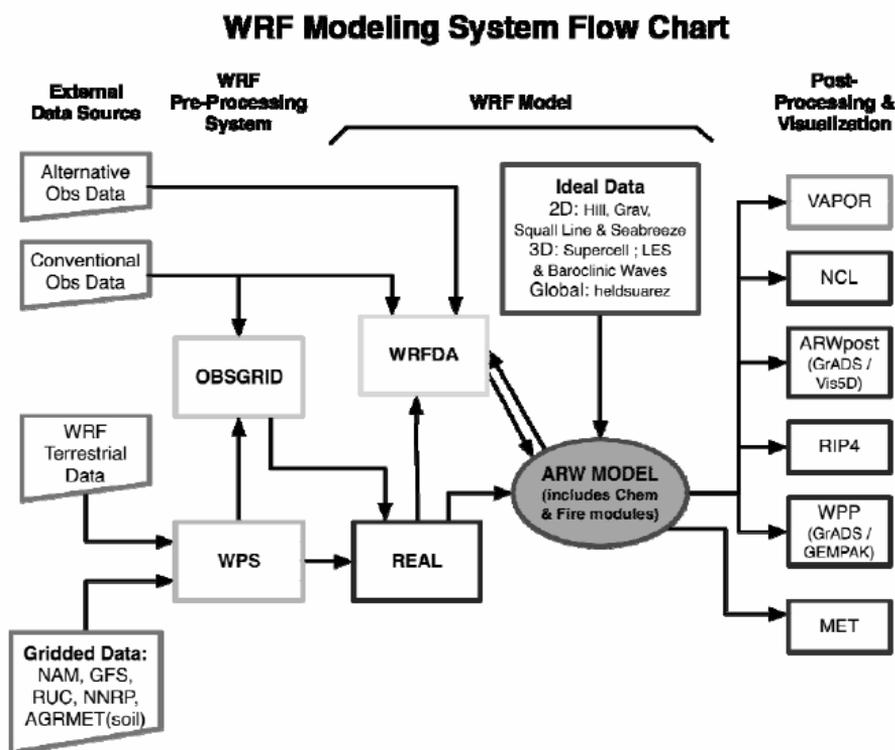


Рис. 1. Блок-схема программы моделирования WRF

Как и для использования других метеорологических программ моделирования WRF требуются компьютеры с соответствующим техническим и математическим обеспечением (табл.).

При реализации программы ARW используются методы Рунге – Кутты [11]. Для представления в модели микрофизических процессов была выбрана параметризация Томпсона и др. [1; 2; 12], в которой распределение частиц по размерам зависит от температуры и влажности. Параметризации конвекции Кайна и Фритша [6; 7; 8] выбраны в связи с тем, что их качество проверено во многих работах.

Таблица

Компьютеры, используемые для реализации программ WRF

Vendor	Hardware	OS	Compiler
Cray	X1	UniCOS	vendor
Cray	AMD	Linux	PGI
IBM	Power Series	AIX	Vendor
SGI	IA64/Opteron	Linux	Intel Intel /PGI/
COTS	IA32	Linux	Intel /PGI/ gfortran /g95/ PathScale
COTS	IA64/Opteron		Intel /PGI/ gfortran /g95/ PathScale
Mac	Power Series	Darwin	xlf / g95 / PGI /Intel
Mac	Intel	Darwin	g95 / PGI /Intel

Данные и методология

В настоящем исследовании моделировалась конвекция, связанная с грозой в г. Улан-Баторе 14–15 июля 2010 г. (рис. 2).

Результаты были сопоставлены с данными, полученными от метеорологических радиолокаторов Доплера в Морин-Уул. Гроза и сильный дождь нанесли серьезный ущерб людям и хозяйствующим объектам. Использовалась 38-уровневая по вертикали модель. Верхняя граница ставилась для 10 гПа. Уравнения модели интегрировались на 48 ч. Через каждые 3 ч граничные условия обновлялись. Для параметризации пограничного слоя и турбулентности использовалась схема Меллора – Ямады – Янича, для параметризации процессов на поверхности суши и почвы – схема Ноах. Для параметризации микрофизических процессов использовалась схема Томпсона.

Результаты численных экспериментов

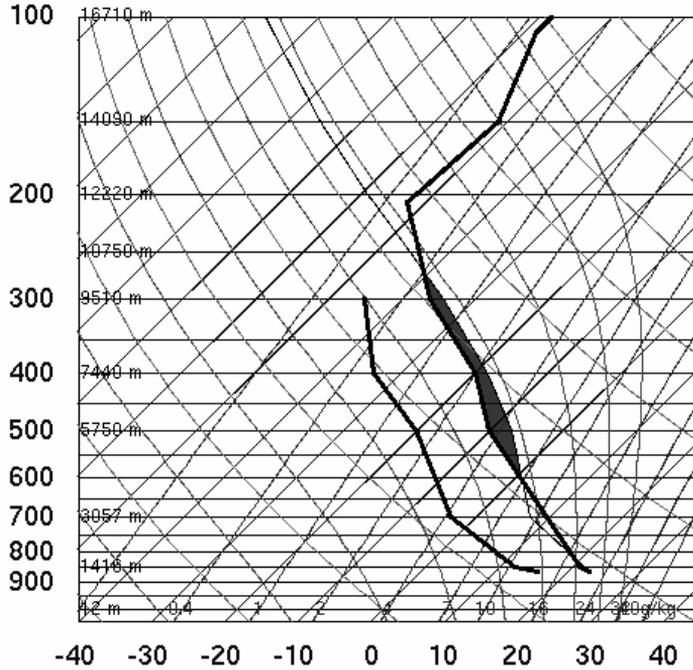
По программе моделирования рассчитано и построено с помощью Grid- анализа и систем отображения информации – GrADS 8 конвективных характеристик с интервалом в один час (рис. 3–8)

Выводы

Результаты, полученные с помощью численной модели WRF, совпадают с доплеровскими радиолокационными данными с точностью до 85 %. Схема Кайна – Фритша может быть и в дальнейшем использована для изучения конвективных процессов в Монголии.

44292 Ulaan-Baator

12Z 14 Jul 2010



SLAT	47.91
SLON	106.86
SELV	1306.
SHOW	-3.55
LIFT	-3.10
LFTV	-3.58
SWET	267.5
KINX	30.50
CTOT	22.30
VTOT	31.30
TOTL	53.60
CAPE	443.2
CAPV	524.7
CINS	-123.
CINV	-74.0
EQLV	268.4
EQTV	268.6
LFCT	619.3
LFCV	639.9
BRCH	22.62
BRCV	26.78
LCLT	282.2
LCLP	729.9
MLTH	308.8
MLMR	10.14
THCK	5738.
PWAT	20.15

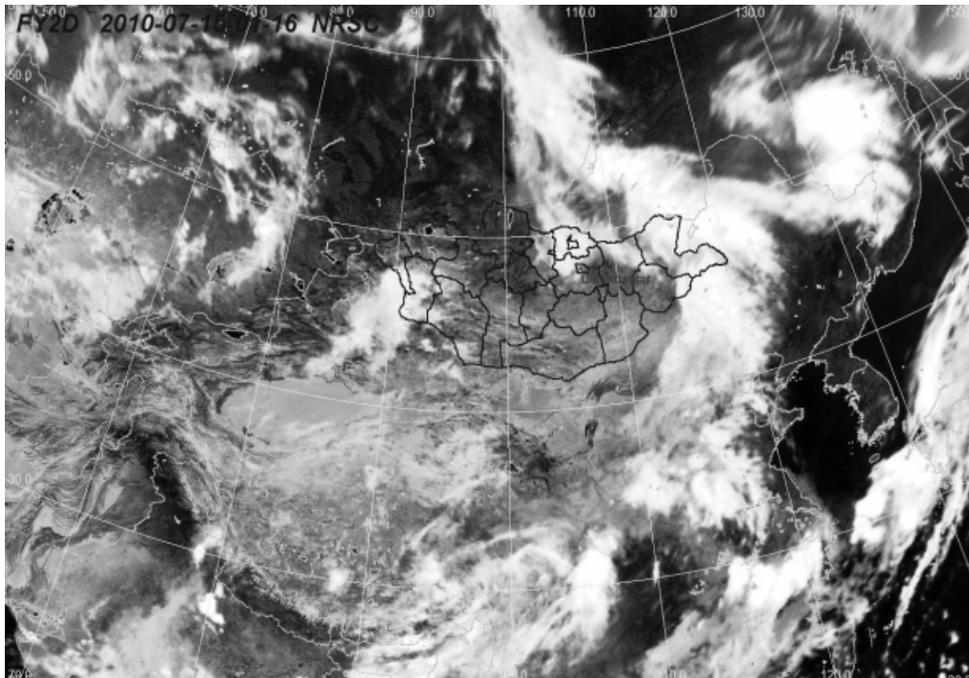


Рис. 2. Аэрологическая диаграмма и спутниковое изображение

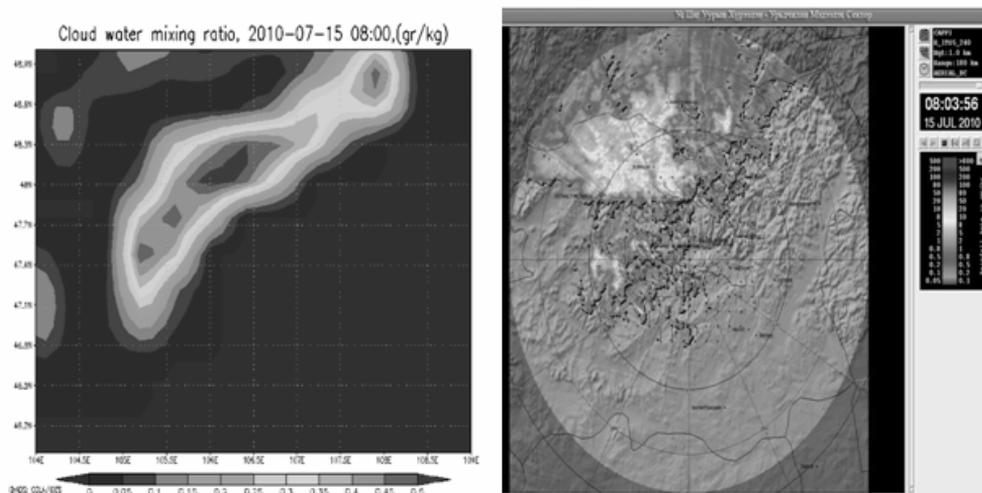


Рис. 3. Сравнение результатов расчетов (слева) влажности облаков с данными метеорологических радиолокаторов

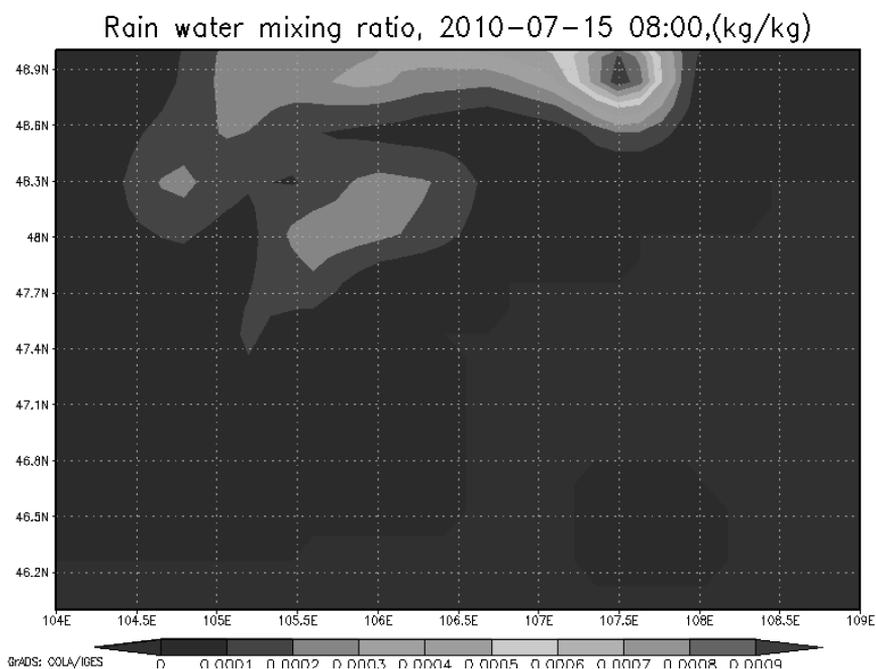


Рис. 4. Дождевая вода, рассчитанная с использованием программы моделирования

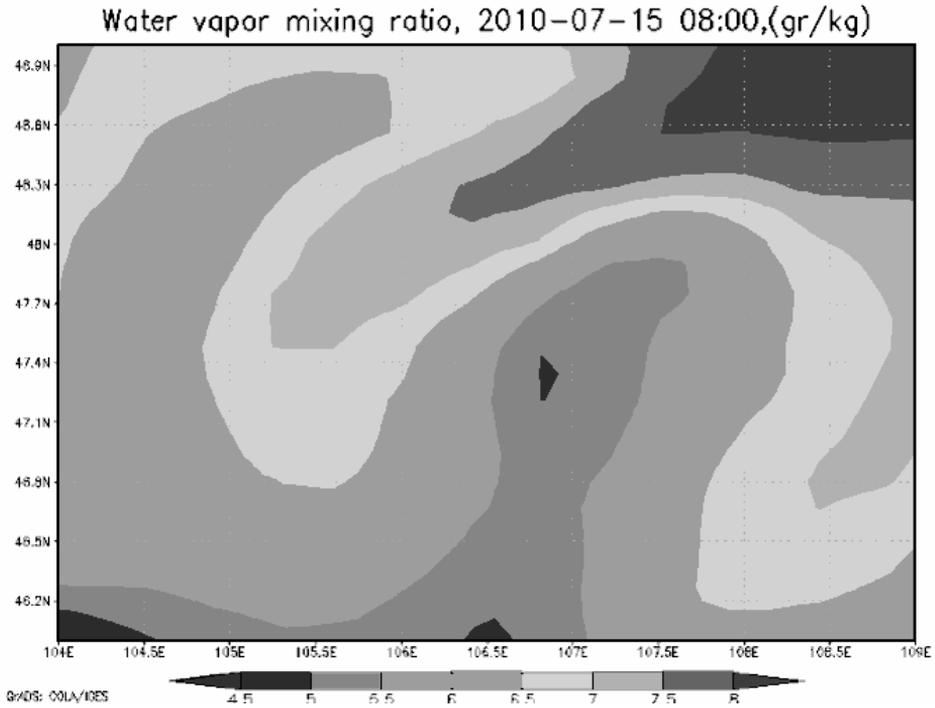


Рис. 5. Массовая доля водяного пара, вычисленная с помощью программы моделирования

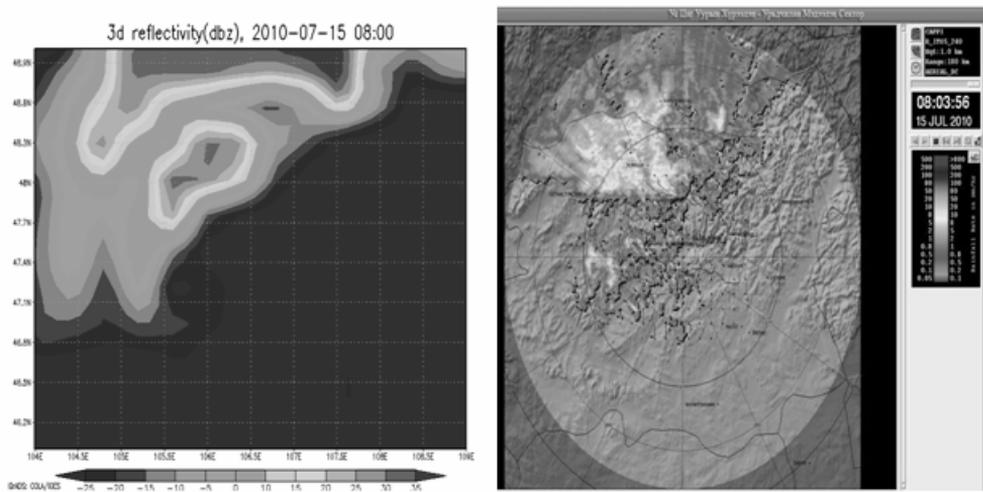


Рис. 6. Изображение радиозэха.
 Слева: результаты, полученные по программе моделирования

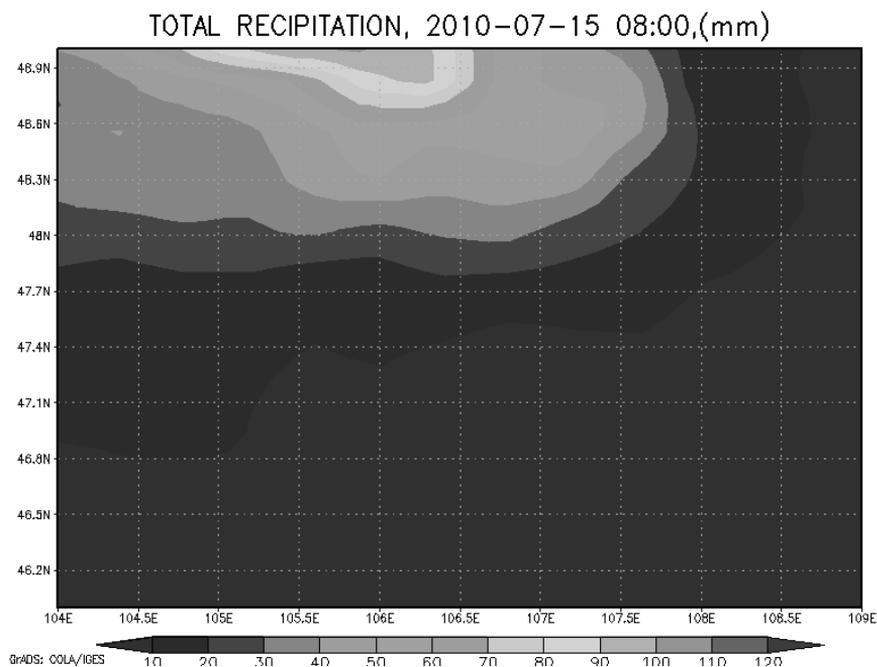


Рис. 7. Осадки, вычисленные по программе моделирования

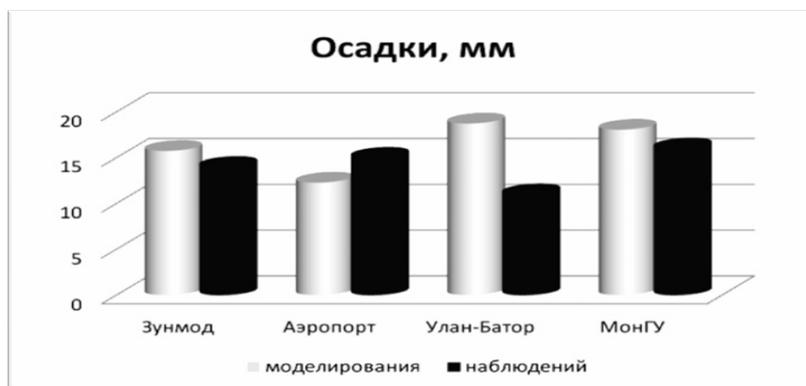


Рис. 8. Сравнение результатов, полученных по программе моделирования с данными наблюдений

Список литературы

1. Вельтищев Н. Ф. Эксперименты по численному моделированию интенсивной конвекции / Н. Ф. Вельтищев, В. Д. Жупанов // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 9. – С. 30–44.

2. Вельтищев Н. Ф. Краткосрочный прогноз сильных осадков и ветра с помощью разрешающих конвекцию моделей WRF / Н. Ф. Вельтищев, В. Д. Жупанов, Ю. Б. Павлюков // *Метеорология и гидрология*. – 2011. – № 1. – С. 5 – 19.
3. Усны уурын конденсац / М. Цоозол, Н. Батсүх, Г. Сарантуяа, Д. Энхбат, С. Эрдэнэсүх, Л. Жамбажамц. – Улаанбаатар, 2005. – 150 хуу.
4. Houze Jr. R. A. Cloud Dynamics / Jr. R. A. Houze. – Academic, San Diego, California, 1993. – 573 p.
5. Houze Jr. R. A. Mesoscale Convective Systems / Jr. R. A. Houze // *Rev. Geophys.* – 2004. – Vol. 42. – P. 1–43. doi:10.1029/2004RG000150.
6. Kain J. S. Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch scheme. The representation of cumulus convection in numerical models / J. S. Kain, J. M. Fritsch // *Meteor. Monogr.* – 1993. – N. 24: Amer. Meteor. Soc. – P. 165–170.
7. Kain J. S. The Kain-Fritsch convective parameterization: An update / J. S. Kain // *J. Appl. Meteorol.* – 2004. – Vol. 43, N 1. – P. 170–181.
8. Some practical considerations regarding horizontal resolution in the first generation of operational convection-allowing NWP / J. S. Kain [et al.] // *Wea. Forecasting.* – 2008. – Vol. 23, N 5. – P. 931–952.
9. Kalnay E. Atmospheric modeling, data assimilation and predictability / E. Kalnay. – Cambridge University Press, 2003. – 341 p.
10. Lynch P. The Emergence of Scientific Weather Forecasting / P. Lynch. – Cambridge University Press, 2002. – 272 p.
11. A Description of the Advanced Research WRF Version 3 / W. C. Skamarock [et al.] // *NCAR Technical Note*. – 2008.
12. Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part II: Implementation of a new snow parameterization / G. Thompson [et al.] // *Mon. Wea. Rev.* – 2008. – Vol. 136. – N 12. – P. 5095–5115.
13. User's Guide for the Advanced Research WRF (ARW) Modeling System Version 3.1. Updated : April 9, 2009.

Study of Convection with the Kain – Fritsch Numerical Model Using

Lhamzhavin Zhambazhamts, Manalzhavyn Tsoozol, V. K. Arguchintsev

Annotation. We have studied a convection, that brought damage to people and economy on 14–15 July of 2010 in the area of Ulan-Bator city, using the third version of the WRF (Weather Research and Forecasting) simulation program. The results have been compared with meteorological observed data.

Key words: numerical model, convection, microphysical characteristics of cloud, droplet.

Лхамжавын Жамбажамц
 преподаватель
 Монгольский государственный
 университет (МонГУ)
 141918, Улан-Батор, пр. Мир, 14
 тел.: (976) 77307730–6117

Lhamzhavin Zhambazhamts
 Lecture
 Mongolian State University
 14, Mir st., Ulan-Bator, 141918
 tel.: (976) 77307730–6117

Маналжавын Цоозол
кандидат географических наук, профессор
Монгольский государственный
университет (МонГУ)
141918, Улан-Батор, пр. Мир, 14
тел.: (976)77307730–6117

Manalzhavyn Tsoozol
Ph. D. in Geography. professor
Mongolian State University
14, Mir st., Ulan-Bator, 141918
tel.: (976) 77307730–6117

Аргучинцев Валерий Куприянович
доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой метеорологии и
охраны атмосферы
Иркутский государственный университет
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52–10–94

Arguchintsev Valeriy Kupriyanovich
Doctor of Technical Sciences, professor
Head of the Chair of Meteorology and
Protection Atmosphere
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52–10–94