

Figure 9 Vegetation andsoil class Unsupe rvise color Imagery Draped over Micro-topography and Registered to the Underlying 3D Slope Classification Layer.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ США С ПОМОЩЬЮ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

А.Н.Дмитриев, ОИГМ СО РАН,
А.В.Теменов, А.В.Шитов, ГАГУ, Республика Горный Алтай,
root@gasu.gorny.ru

Рост компьютеризации и информационных технологий ставит задачи перевода имеющейся информации в цифровые карты с использованием для принятия административных (природоохранных и эксплуатационных) решений. При этом могут быть использованы данные WWW-серверов по различным характеристикам среды, содержащие сведения за довольно длительный период.

В настоящее время в США происходит около 1000 торнадо в год. Убытки, ежегодно приносимые торнадо, оцениваются в 200 миллионов долларов. Число жертв торнадо колеблется год от года и в среднем равно 100 человек в год [2]. Эти цифры показывают остроту проблемы торнадо в США, и не удивительно, что для исследования, прогнозирования и оперативного оповещения о торнадо привлекаются значительные средства.

Тем не менее, до сих пор эти три задачи не получили удовлетворительного решения.

Уровень надежности 1-7 - часового прогноза о возможности появления торнадо в «тревожном прямоугольнике» 225 на 320 км оценивается в 40% (при пятипроцентной максимальной вероятности для такого же прямоугольника в пик сезона торнадо), и лишь 30% всех торнадо попадают в такие прогнозные прямоугольники. Для обнаружения торнадо в США развернута сеть обычных и допплеровских радаров, позволяющих фиксировать вихревые явления в атмосфере на мезошкале (~6-10км), однако лишь 50% таких явлений связаны с торнадо, причем лишь торнадо

типа В, которые связаны с мезоциклонами и не работают в случае одиночных торнадо [1].

Оповещение о сходе торнадо обычно удается сделать за 20-30 минут до начала его разрушительного действия. Иногда, как в марте этого года, торнадо обнаруживают уже после его спуска на поверхность земли.

В настоящее время господствующая модель торнадо вытекает из представления о том, что торнадо появляется вследствие особого характера воздушных течений в супергрозах и является локальной модификацией конвективных процессов внутри и около материнского облака. Со второй половины 70-х годов электрические и магнитные явления в торнадо переведены в класс второстепенных и несущественных, и основные исследовательские усилия как в феноменологии, так и в моделировании торнадо сконцентрировались на чисто атмосферных процессах в нижних 20 км атмосферы (вне связи как с верхним, так и с нижним полупространством).

Таким образом, в исследовательской полевой программе VORTEX-95, проводящейся под руководством Э.Расмуссена (совместно восемью крупнейшими организациями США и Канады, изучающими торнадо) в последние 4 года в центральных равнинах США, набор проверяемых гипотез состоит из [4]:

- a) 12 гипотез, детализирующих анатомию супергроз, производящих и не производящих торнадо;
- б) 5 гипотез о строении поля скоростей, влажности, давления и температуры в зонах зарождения торнадо;
- в) 3 гипотез о внутренней динамике торнадо;
- г) 2 гипотез о характере расположения обломков.

Таким образом, ни постановки задач всей программы, ни исследовательский инструментарий 15 мобильных групп практически не ориентированы на измерение геофизических параметров среды и анализ их роли в генерации и поведении торнадо.

Одним из предварительных выводов программы VORTEX является следующее[3]:

- время формирования некоторых торнадо составляет 5-10 минут;
- области, в которых формируются торнадо, оказались меньшего размера, нежели это допускалось существующей измерительной сетью.

С точки зрения руководителя программы Э.Расмуссена выход из сложившейся ситуации состоит в «уменьшении зернистости как данных, так и численных моделей» и, следовательно, в наращивании вычислительных и измерительных средств.

Очевидность этой тупиковой ситуации заставляет искать другие подходы к предсказанию и исследованию торнадо.

Для изучения острых катастрофических процессов на территории США использованы данные по торнадо (1950-1995 гг.) и землетрясениям (1950-1989 гг.). Эта задача является составной частью в решении проблемы по физической природе торнадо на основе свойств вакуумного домена [1].

Работы проводились на PC Pentium-II, Pentium-Pro в операционной среде Windows NT. Проект реализован на базе ГИС Arc View версии 3а. Выбор данного программного продукта связан с гибкостью системы, простотой в пользовании и большими возможностями, связанными с использованием баз данных. При этом карты можно представлять в виде отдельных, но связанных между собой слоев, что позволяет отразить на карте лишь тот слой, который необходим для работы из общего массива данных по территории. Использование модуля Spatial Analyst позволило построить плотности распределения торнадо и землетрясений. В процессе реализации проекта изучен широкий спектр возможностей геоинформационной системы Arc View 3а.

В соответствии с возможностями ГИС-технологий и спецификой решаемых задач в данной работе возникла возможность перепостановки задач по исследованию торнадо. Эта перепостановка нацелена на расширение учета исследуемых параметров и признаков торнадо в сторону использования информации о статических и динамических качествах геолого-геофизической среды и некоторых данных о солнечно-земных взаимосвязях.

Этот расширенный подход в попытках выявления причин возникновения и особенностей локализации исследуемых событий оказался необходимым в связи с созданием новой физической

модели воронки торнадо на основе неоднородностей физического вакуума [2]. С другой стороны, данный подход опирается на значительный опыт исследования природных самосветящихся образований (ПСО) по регионам Сибири [3]. Поэтому возникновение, существование и расформирование торнадо рассматривается в связи с другими энергоемкими геолого-геофизическими процессами по исследуемой территории. Выявленные закономерности возникновения, существования и исчезновения ПСО проверяются на значительной статистике проявления торнадо по территории США.

Задача 1. Проверка пространственно-временной периодизации высыпания торнадо по территории США. Эта задача является целесообразной в экологическом отношении, поскольку выявление пространственно-временных «волн торнадо» позволит оптимизировать применение средств безопасности. Эффект временной периодизации и пространственной миграции ПСО известен широко, поэтому проверка гипотезы о пространственной миграции частот встречаемости торнадо является весьма существенной.

Нами были проведены расчеты распределений плотности встречаемости торнадо (в шкале из 9 разрядов число торнадо на одну квадратную милю за указанный срок по всей исследуемой территории). По двум временным интервалам за 1960-65 и 1966-70 гг. согласно построенным картам (рис. 1 а, б) выявляется отчетливая картина нарастания плотностных характеристик к югу страны.

Следует отметить максимальную концентрацию встречаемости торнадо к юго-западу США в 1966-70 гг., т.е. волна событий тяготеет в сторону Мексики, характеризуемой огромной тектонофизической напряженностью. Придодочные решения по более поздним интервалам времени подтверждают миграционную особенность локализации высыпаний торнадо. Надо подчеркнуть хорошую исследовательскую эффективность ГИС-картирования в информативных исследованиях комплексных природных явлений, которые представляют собой торнадо.

Касательно временной периодизации торнадо была подтверждена достаточно давно выявленная закономерность о связи частоты встречаемости торнадо с годами активного Солнца. Эта зависимость особенно ярко проявляется на встречаемости наиболее энергоемких классов торнадо и отчетливо обнаруживается с высыпанием встречаемости ПСО.

Задача 2. Обнаружение связей в пространственных локализациях точек зарождения торнадо и гипоцентров землетрясений на территории США. Эта задача вытекает из модели торнадо на основе «вакуумного домена» [5], т.е. на факте того, что в центре воронки торнадо возникает «шнуровой вакуумный домен», который является разновидностью ПСО. Ранее была выявлена региональная закономерность встречаемости ПСО и гипоцентров землетрясений (Горный Алтай), согласно которой в местах повышенной встречаемости ПСО резко снижается количество землетрясений ($k>9$).

Этот очень серьезный факт косвенно свидетельствует о высокой энергоемкости ПСО, а значит и «шнуровой вакуумного домена». Поэтому крайне важно было получить карты встречаемости торнадо (ПСО) и гипоцентров землетрясений по территории США. Для этого были выбраны штаты, для которых являются обязательными высокие частоты встречаемости землетрясений и торнадо. Такими штатами оказались Калифорния и Невада. Вынесение на карты координат точек зарождения этих катастрофических явлений (рис.2) подтвердило наше предположение о пространственной несовместимости сгущений торнадо и землетрясений. Редкие случаи такого совмещения приходятся на участки максимального сгущения разломной сети, что свидетельствует о высокой степени вертикальных (межгеосферных) энергоперетоков. Таким образом, решение задачи о построении компьютерных карт гипоцентров землетрясений и торнадо позволяет обнаружить важное для характеристики торнадо свойство.

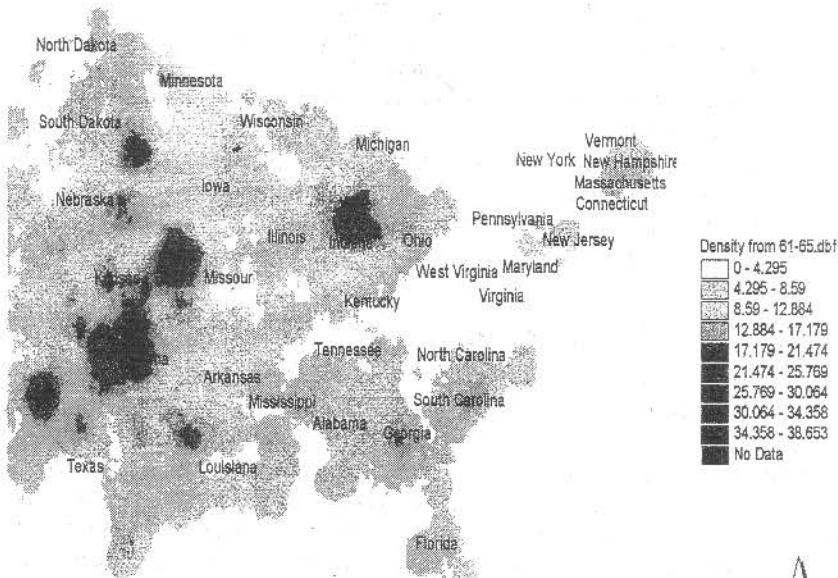
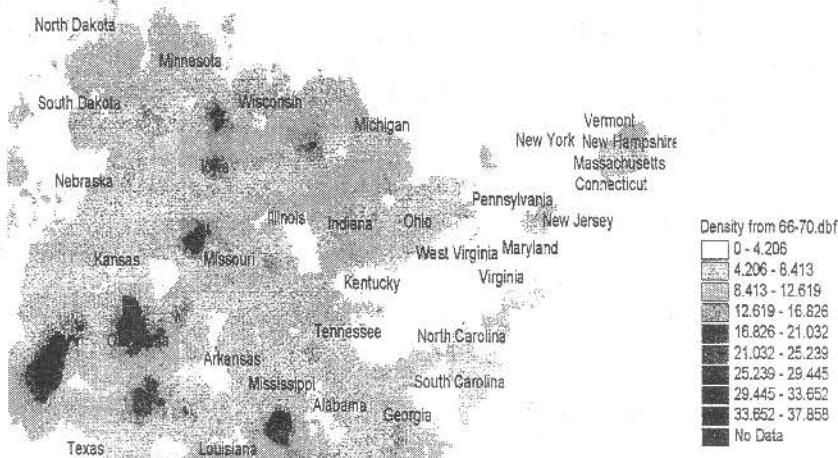


Рис. 1 а, б. Плотность встречаемости торнадо по территории США

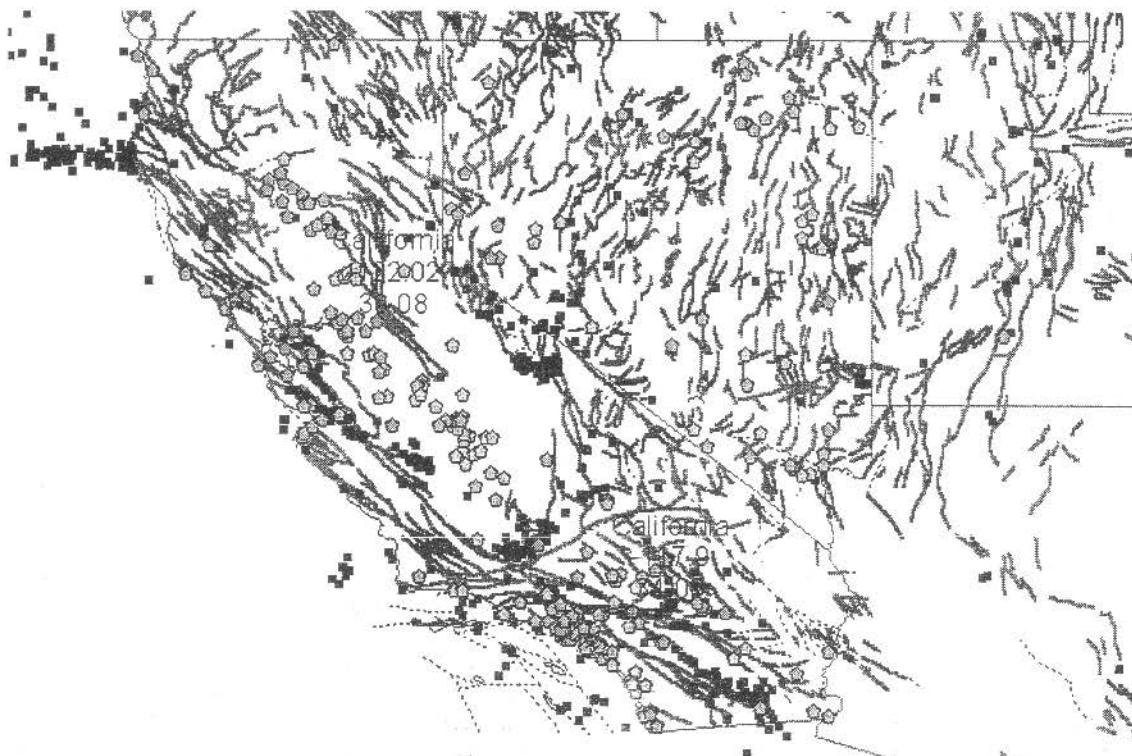


Рис. 2. Распределение торнадо (звездочки) и землетрясений (квадратики) по территории тектонически напряженных штатов (Калифорния и Невада)

Задача 3. Изучение геомагнитного режима во время высыпания торнадо необходимо для выявления возможных скрытых связей между состоянием геомагнитных полей на территории проявления торнадо. Исключительно важным фактором высыпаний (особенно групповых) торнадо является обнаружение связи с общим состоянием геомагнитного поля Земли. Именно на обнаружение этой связи (общепланетарной) и нацелена данная задача.

В качестве общепланетарного показателя геомагнитной активности взят планетарный геомагнитный индекс С9 [6]. Этот коэффициент имеет отношение к энергетической характеристике возбуждения магнитного поля и является общепринятым параметром состояния поля. Количественная градация С9 (0-9) отражает состояние геомагнитного поля от спокойного до значений катастрофических геомагнитных бурь (по оценке аа-индекса). Как правило, сильные возмущения магнитного поля ($C9 > 5$) связаны с геоэффективными вспышками на Солнце, поэтому обнаружение корреляций с определенными значениями С9 позволит наметить подходы к классификации торнадо по показателям геофизических полей. Это становится особо актуальной задачей в связи с нарастанием интенсивности и частоты торнадо и с подъемом активности 23 солнечного цикла [7, 8].

На рис.3 показано распределение частот встречаемости торнадо по шкале значений С9. Обращает на себя внимание наличие в основном двухвершинного распределения этих частот. Причем характерно, что для разных штатов максимум приходится на $C9=2$ и $C9=5$. Эта дифференциация общего числа событий на два максимума может свидетельствовать о двух типах торнадо по отношению к общему состоянию геомагнитного поля Земли. Третий тип торнадо, который можно назвать «фоновым», обнаруживает связи с вариациями возмущений геомагнитного поля. Таким образом, решение этой задачи позволяет наметить подходы к естественной классификации торнадо. Основанием для этой классификации служат параметры геолого-геофизической

среды.

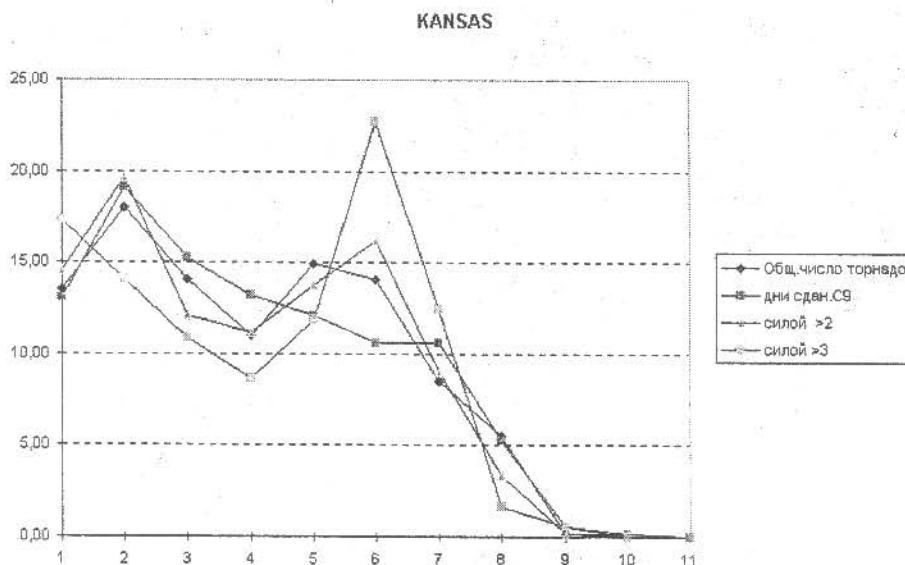


Рис. 3. Распределение количества торнадо по индексам геомагнитной активности С9 для Канзаса

В целом, решение поставленных задач осуществлено в новом направлении изучения торнадо. Это направление характеризуется расширительной моделью исследований, согласно которой:

- 1) торнадо является полипричным природным явлением;
- 2) регулирующую роль по энергии и частоте встречаемости торнадо играют процессы геолого-геофизической среды;
- 3) стущения высыпаний торнадо и рост их разрушительной мощи в настоящее время тесно связаны с общими скоростными изменениями климатической машины;
- 4) основные типы торнадо видимо задаются характером солнечно-земных взаимосвязей.

Ограниченные возможности метеорологических моделей генерации торнадо и причин их роста следует наращивать в сторону признания роли качества геолого-геофизической среды и возможно техногенного давления на природные системы.

Авторы благодарят студентов Горно-Алтайского государственного университета Kochinu N., Mal'yukova Ya., Goroхovu M., Lobodu S. за помощь в обработке данных по катастрофическим процессам на территории США. Работы по изучению данных характеристик проводились на программно-аппаратной базе Новосибирского регионального Центра геоинформационных технологий СО РАН, авторы благодарят руководство и сотрудников центра за помощь и консультации в процессе реализации проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. R.P.Davies-Jones, Tornado dynamics. In: Thunderstorm morphology and dynamics, vol.2- ed. By Edwin Kessler Univ. of Oklahoma press,-Norman, 1985
2. T.Grazulis, Significant tornadoes , Boulder, Colorado ,1993
3. Tornado project online. «Tornado prediction».
4. WWW version of the VORTEX-95 Operations Plan-http://antietam.nssl.uoknor.edu/mosaic_files/vortex.html
5. Дмитриев А.Н., Дятлов В.Л. Модель неоднородного физического вакуума и природные самосветящиеся образования. Новосибирск,- 1995,- 35 с. (Препр. № 16. Институт математики СО РАН).
6. Дмитриев А.Н., Похолков Ю.П., Протасевич Е.Т., Скавинский В.П. Плазмогенерация в энергоактивных зонах. Новосибирск: Изд-во ОИГГиМ РАН- 1992. 212 с.
7. Schatten K.H. & Pesnell W.D. An early Solar dynamo prediction: Cycle 23 - Cycle 22. Geoph.Res. Lett. 20, 2275-2278. 1993.
8. Thomson R.J. Technique for Predicting the Amplitude of the Solar Cycle: Solar Phys. 148, 383. 1993.