

ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ А.Ф.МОЖАЙСКОГО

**Доклад: ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА
КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ
ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ
С ВНЕДРЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА**

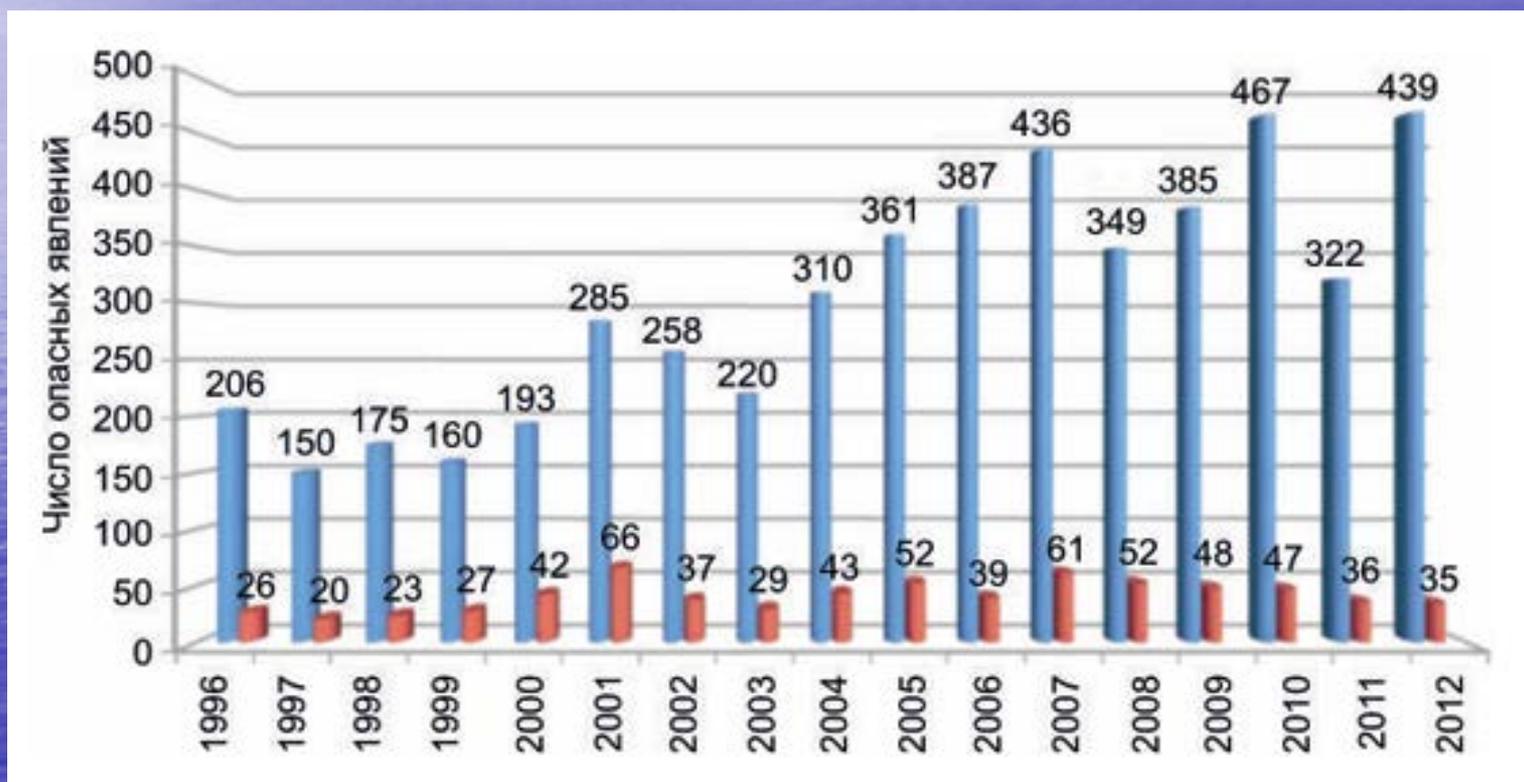
Авторы: кгн Канарский И.Д., кгн Козлова Н.А.,
Подчасский А.С., Королёва О.А.

Докладчик: Королёва О.А.

г. Санкт-Петербург
2021 год

Актуальность вопроса

В последние годы в России отмечается рост на 6-7% в год опасных явлений погоды, в результате чего экономике страны наносится значительный материальный ущерб, оцениваемый в среднем около 1-2% ВВП. Количество чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера составляет ежегодно 400-500.



Изменение числа опасных явлений, причинивших ущерб, на территории Российской Федерации 1996—2012 гг.

Примеры опасных природных процессов и явлений, которые наносят вред окружающей природной среде



Геоинформационная система комплексного мониторинга опасных природных процессов и явлений с внедрением искусственного интеллекта

В области наблюдения за состоянием окружающей природной среды (ОПС) большое распространение получили геоинформационные системы (ГИС) гидрометеорологического (геофизического) назначения, которые обеспечивают сбор, хранение, обработку, анализ и отображение данных, распределенных в пространстве и времени различных метеопараметров.

При анализе гидрометеорологической (геофизической) информации (ГМИ, ГФИ) значительную долю составляют данные автоматизированных систем дистанционного зондирования Земли, включая и систему космического мониторинга. Спутниковые методы обладают преимуществом по сравнению с традиционными методами измерения (наземными, аэрологическими наблюдениями, радиолокационными данными и др.): частота получаемой информации (интервал между изображениями с геостационарных спутников составляет 15 минут); практически мгновенное покрытие больших площадей; высокая детальность изображений; возможность получения трёхмерной картины распределения характеристик температуры и влагосодержания атмосферы, а также параметров поверхности океана и т.д. Таким образом, использование такой информации в ГИС, совместно с информацией, полученной из других источников, позволяют создавать более полное представление о состоянии ОПС.

Анализ процессов, происходящих в атмосфере, требует получения и расчета большого количества параметров, характеризующих её состояние, что представляет значительную сложность, тем более учитывая их разносторонность критериев их оценивания. При разработке автоматизированного метода оценивания возможности возникновения, идентификации, регистрации и анализа опасных природных процессов и явлений (ОППЯ) в атмосфере (далее – Метод) коллектив авторов выбрал подход, основанный на внедрении в ГИС методов искусственного интеллекта (ИИ). ИИ позволяет имитировать (моделировать) отдельные функции человека с использованием компьютерных технологий. В частности, применен подход, основанный на разработке экспертных систем, с использованием баз знаний. Базы знаний наполняются информацией полученной от экспертов в области гидрометеорологии (геофизики). Базы знаний включают набор фактов и правил, способствующих решению задачи, ответы на которые в явном виде не могут быть получены иным способом.

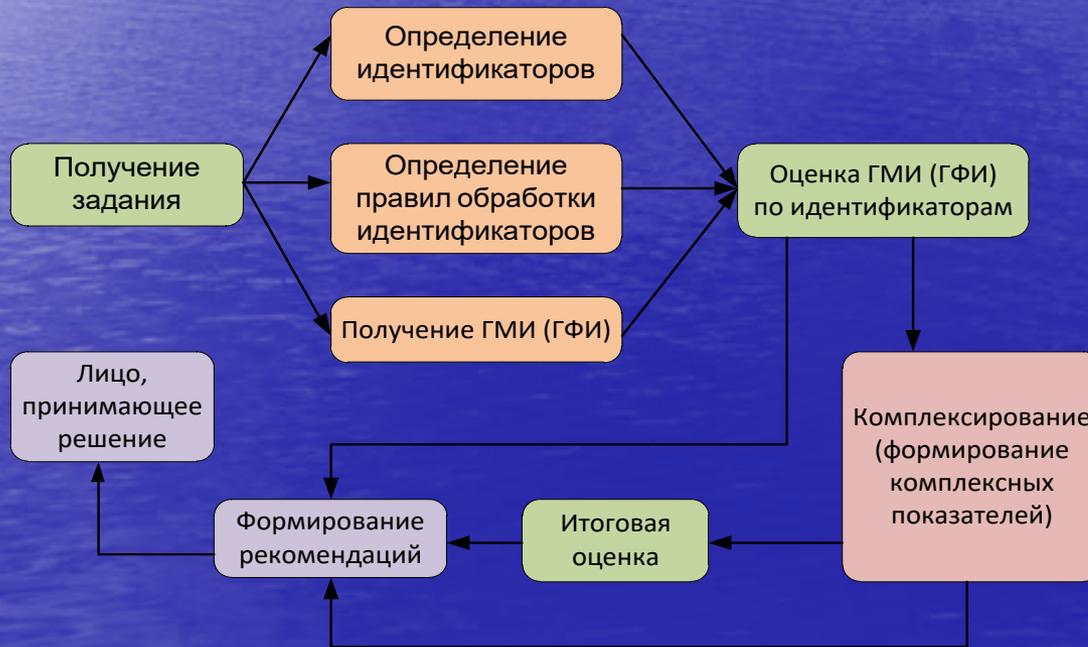


Схема работы автоматизированного метода оценивания возможности возникновения, идентификации, регистрации и анализа

Для каждого ОПЯ разрабатывается своя экспертная система, основанная на принципах унификации и стандартизации требуемых действий, операций. По смыслу задача оценки возможности возникновения ОПЯ сводится к определению условий, влияющих на их зарождение и развитие. Решение подобной задачи возможно при определении вероятности появления конкретного ОПЯ в атмосфере в определенных гидрометеорологических (геофизических) условиях.

В результате проведенных исследований были разработаны наборы идентификаторов благоприятности состояния ОПС для возникновения ОПЯ в атмосфере и/или возможности его развития (усиления или ослабления). По каждому из выбранных идентификаторов проводится анализ с использованием правил нечеткой логики, включающих комплексирование результатов и расчет комплексных показателей, применение априорных и апостериорных вероятностей, весовых коэффициентов. Значения каждого представленного идентификатора сравниваются с заранее введенными в базу знаний значениями критических границ. Для различных районов Земного шара они индивидуальны и конкретизируются с учетом местных климатических и физико-географических условий. Пересечение критических границ свидетельствует о возможном наличии условий благоприятных для возникновения ОПЯ. При наполнении базы данных каждому конкретному идентификатору присваивается свой вес, определенный группой экспертов. Чем больше вес, тем больше наличие такого идентификатора свидетельствует о возможности возникновения ОПЯ. Помимо значений веса производится оценивание величины идентификатора по величине отклонения от критических границ. Эта процедура отличает Метод от классических подходов (метод Байеса). Путем применения методов нормирования и комплексирования формируются комплексные показатели благоприятности состояния ОПС для возникновения (развития) ОПЯ.

Максимальное значение показателя определяет благоприятность состояния ОПС для возникновения ОПЯ в трёх градациях: благоприятные условия для возникновения ОПЯ; допустимые условия; неблагоприятные условия.

Таким образом, с использованием известных физических законов, доказанных статистических зависимостей и экспертных оценок, группой экспертов разработаны наборы идентификаторов благоприятности состояния ОПС для возникновения ОПЯ в атмосфере и/или возможности его развития (усиления или ослабления).

Перечень идентификаторов ОПЯ (на примере параметров, характеризующих стадии развития тропического циклона)

| Наименование параметра, величины | Обозначение | Размерность | Требуемая точность измерения |
|--|----------------|--|------------------------------|
| Размеры ТЦ в поперечнике | D | км | ± 10 км |
| Размеры (диаметр) «глаза бури» | D_1 | км | ± 10 км |
| Направление перемещения ТЦ | d | град | ± 10 град |
| Скорость перемещения ТЦ | v | км/ч | ± 10 км/ч |
| Температура водной поверхности | t | $^{\circ}\text{C}$ | $\pm 1^{\circ}\text{C}$ |
| Высота верхней границы облаков (ВВГО) вблизи (вокруг) «глаза бури» | H | км | ± 1 км |
| Температура на верхней границе облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | t_1 | $^{\circ}\text{C}$ | $\pm 1^{\circ}\text{C}$ |
| Ширина полосы облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | $L_{\text{ш}}$ | км | ± 10 км |
| Высота ВГО за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | H_1 | км | ± 1 км |
| Температура на ВГО за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | t_2 | $^{\circ}\text{C}$ | $\pm 1^{\circ}\text{C}$ |
| Фазовая структура облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | $\Phi_{(n)}$ | капельная смешанная <u>кристаллич.</u> | - |
| Фазовая структура облаков за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | $\Phi'_{(n)}$ | капельная смешанная <u>кристаллич.</u> | - |
| Толщина (вертикальная протяженность) облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | ΔH | км | ± 1 км |
| Толщина (вертикальная протяженность) облаков за пределами «стены» облаков вблизи (вокруг) «глаза бури» | ΔH_1 | км | ± 1 км |

Геоинформационная система комплексного мониторинга опасных природных процессов и явлений с внедрением искусственного интеллекта

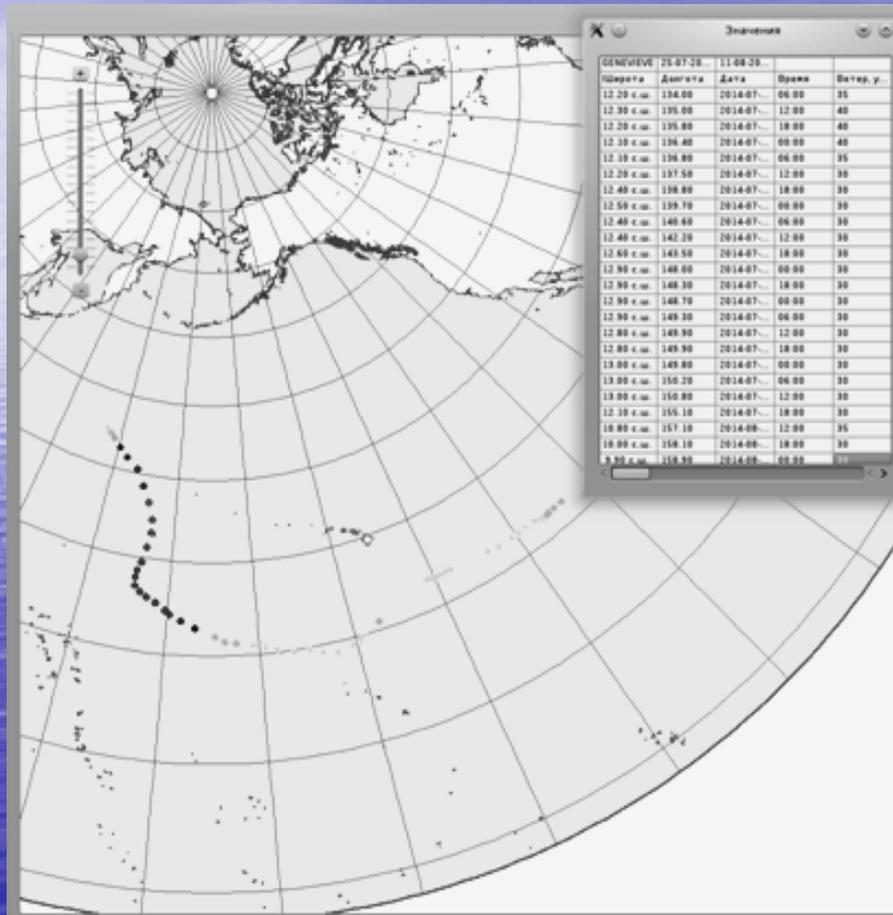
На основании разрабатываемого Метода был создан макет программного модуля (ПМ) мониторинга ОППЯ. Апробация ПМ показала возможность проведения непрерывного мониторинга состояния ОПС в любом районе земного шара с целью определения условий благоприятных для возникновения (развития) ОППЯ, регистрации факта возникновения ОППЯ, проведения их детального анализа, и выдачи рекомендаций лицу, принимающему решения (ЛПР), в режиме реального времени.

Апробация ПМ показала возможность проведения непрерывного мониторинга состояния ОПС в любом районе земного шара с целью определения условий благоприятных для возникновения (развития) ОППЯ, регистрации факта возникновения ОППЯ, проведения их детального анализа, и выдачи рекомендаций лицу, принимающему решения (ЛПР), в режиме реального времени.

Следует отметить, что наибольшая эффективность рекомендаций работы Метода может быть достигнута только при максимальном использовании имеющейся информации об ОПС (наземные системы наблюдения, аэрологические, данные дистанционного зондирования Земли).

Таким образом, главным достоинством разработанного Метода является возможность автоматизированного получения ЛПР сведений о готовности ОПС к возникновению (развитию) ОППЯ в глобальном масштабе в режиме реального времени.

Вариант отображение электронного документа в виде графического слоя с траекторией перемещения ОППЯ (на примере тропического циклона)



Заключение

Геоинформационная система комплексного мониторинга состояния окружающей природной среды (ОПС), разработанная и предлагаемая нашим коллективом, организуемая с целью изучения факторов возникновения опасных природных процессов и явлений (ОППЯ) и учёта их влияния на выполнение различных прикладных задач включает в себя подсистемы регистрации и идентифицирования таких процессов и явлений, а также их прогнозирование. Для эффективного функционирования этих подсистем требуется информация о значительном числе геофизических параметров (ГФП), а также их анализ по ряду критериев.

В результате можно сделать вывод о том, что решение задач комплексного мониторинга состояния окружающей природной среды и изучение факторов возникновения опасных природных процессов и явлений, учёта их влияния на основании единой комплексной геоинформационной системы с элементами искусственного интеллекта, позволит производить раннюю диагностику и своевременную регистрацию ОППЯ при оценивании возможных последствий и выдаче рекомендаций для принятия управленческих решений.

Спасибо за внимание!