

Рис. 1. Обобщенная блок-схема комплексной обработки гидрометеорологических данных [4]

При этом наблюдается большое разнообразие операционных систем - более 20 вариантов и версий, систем управления базами данных (СУБД), более 10 типов геоинформационных систем (ГИС). Отмечается необходимость применения новых средств доступа к данным и продукции – приложений для поиска, отображения и скачивания данных, подписки на данные; отображения произвольных слоев на единой электронной карте-основе и их геоанализа; мониторинга гидрометеорологической обстановки и загрязнения

среды с индикацией степени опасности; автоматического информирования пользователей об опасных явлениях (ОЯ); мобильных устройств по поиску (выбору) и отображению данных; программ расчета ущерба от ОЯ, оценки стоимости превентивных мероприятий; выдачи сведений о воздействиях и рекомендаций для принятия решений; баз данных на серверах пользователей, в которую бы регулярно поступали данные. Результаты измерений, анализа, прогноза и климатических обобщений должны служить

входными значениями для выделения соответствующих правил, направленных на оценку физико-географических, экологических, экономических и социальных воздействий ОЯ на промышленные объекты, население и выдачу рекомендаций.

Основными этапами по обработке данных и их использованию являются сбор гидрометеорологических данных; накопление и хранение данных с различными степенями агрегации; обмен данными; прогноз гидрометеорологической обстановки; анализ и объяснение (описание); поддержка решений.

## 1 Сбор гидрометеорологических данных

Сбор данных наблюдений осуществляется с более чем 1800 метеорологических, 110 аэрологических и 3000 гидрологических станций и постов. Эти станции и посты расположены по всей территории России, в том числе в удаленных и труднодоступных районах. В обжитых районах сбор данных, в основном, осуществляется по сетям общего пользования - телефонным, телеграфным сетям передачи данных, интернет. В удаленных и труднодоступных районах, где расположены около 500 станций, сбор осуществляется через собственные средства радиосвязи, и только в последние годы организуется сбор данных с использованием спутников. В связи с технической модернизацией Росгидромет стал активно закупать и применять различные информационно-измерительные системы. Здесь необходимо отметить отсутствие единой политики, как в области закупки приборов, так и включения измеряемых этими приборами данных в существующие технологические схемы сбора и накопления данных. Измеряемые значения параметров не всегда включаются в существующие схемы сбора данных, в лучшем случае, измерения передаются в телеграммах в стандартные сроки измерений. Закупленные приборы доводят информацию до компьютера, установленного рядом с системой, или по интернет-каналам прямо на сервер организации, установившей прибор. Дальнейший сбор данных и накопление осуществляется сотрудником станции или центра сбора. Если на станции установлено несколько приборов, то каждый из них формирует свой накопитель данных. Автоматический обмен данными между приборами не осуществляется. Разрабатываемые в рамках программы «Геофизика» отечественные приборы во многих случаях передают данные по интернет-каналам. Несмотря на перспективность этого подхода, следует отметить, что этот поток в результате не попадает в глобальную сеть телесвязи, а значит данные становятся не доступными другим пользователям.

Основными перспективными подходами по развитию этого направления являются:

– интеграция данных на уровне центров сбора данных наблюдений (ЦСДН), которые будут управлять потоками данных и использовать их для гидрометеорологического обслуживания

пользователей на местном уровне;

– использование протоколов (SensorML, TML) для передачи данных измерений от измерительных систем в ЦСДН;

– развитие универсальных форматов хранения данных, позволяющих на станциях собирать данные от различных приборов в одной модели данных. Здесь можно использовать многомерные модели, позволяющие хранить данные в виде «ключ – значение», например, идентификатор датчика, метки времени и координат, имя измеряемого параметра, значение. Используя такие решения как единый словарь параметров, общие коды и классификаторы, описание источников данных и самих данных при их передаче, реализуется Интегрированная информационно-телекоммуникационная система (ИИТС) Росгидромета, с помощью которой можно не только интегрировать данные различных приборов, но и унифицировать процессы сбора данных.

## 2 Накопление и хранение данных

В этой области накоплен уникальный опыт долговременного хранения (более 50 лет) на различных технических носителях и миграции данных на новые поколения носителей, ЭВМ, операционных систем и СУБД. Мы не знаем, как будущие поколения будут использовать эти данные, с помощью каких средств, но за счет хранения данных на носителях в символьном виде (в коде ASCII) и за счет наличия у каждого файла или серии однородных файлов описаний структур данных в Языке описания гидрометеорологических данных [2] у наших потомков не будет проблем прочитать эти данные и разобраться в структуре этих файлов.

## 3 Прогноз гидрометеорологической обстановки

На этом этапе больших изменений не ожидается - слишком много сложных моделей создано. Да, будет увеличиваться разрешение сетки с прогностическими данными. Уже сейчас по району Сочи и Центральному федеральному округу можно получить значения метеорологических параметров через три км, а в глобальном масштабе – 10 км. Но актуальным является требование к имеющимся и создаваемым моделям – необходимость записи результатов прогнозов в структурированные плоские файлы или в формат NetCdf. Только при этом условии прогностические данные могут использоваться в современных инструментальных средствах – СУБД, ГИС, системах поддержки принятия решений (СППР).

## 4 Обработка и хранение данных с различными степенями агрегации

Ценность информации для принятия решений зависит от уровня ее агрегации, чем выше агрегации, тем ценнее информация, рис.2.



Рис. 2. Увеличение ценности и уменьшение объемов информации

Чтобы выстроить такую схему обработки данных (см. рис.1), сейчас требуется выполнить много этапов. При этом образуются промежуточные массивы и базы данных, которые находят своих пользователей. Стоимость их создания намного выше, чем стоимость хранения, поэтому они оформляются как самостоятельные массивы и базы данных и передаются в Государственный фонд на хранение. В зависимости от имеющегося опыта использования данных в каждой организации создаются свои структуры хранения данных.

Степень агрегации показателей и используемых при этом систем показана на рис.3. На этапе массовой обработки данных существует проблема распределенности и неоднородности данных. В этом направлении в Росгидромете имеются определенные успехи – разработана и эксплуатируется Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО, <http://esimo.ru>) [1]. Система уже охватывает около 40% источников данных Росгидромета. С помощью ЕСИМО можно как заказать регулярное получение данных в режиме онлайн, так и визуализировать интегрированные данные в едином интерфейсе.

Основной задачей развития систем обработки является разработка схем включения потоков данных, необходимых руководителям различных промышленных предприятий, прямо в ведомственные автоматизированные системы. На основе созданных информационных ресурсов и сервисов создаются автоматизированные места пользователей по отдельным регионам, для различных предприятий. Это позволяет сократить время разработки прикладных систем, обеспечить их совместимость, снять затраты на межсистемные “переходники”, уменьшить время выполнения типового запроса в 6-8 раз, повысить комплексность информации, уменьшить затраты на подготовку единицы продукции в 3-4 раза.

Графики и диаграммы снабжены средствами “погружения в данные”, которые позволяют выяснить, каким образом были получены те или иные результаты и осуществить доступ к

первичной информации. Пользователь может обновить, распечатать, экспортировать отчет, разослать по расписанию в соответствии с заданным списком или наступлению предопределенного события.

## 5 Обмен данными

Очень важной задачей любой информационной системы является обмен данными с внешними системами. Росгидромет имеет широкие возможности обмена данными по основным дисциплинам. Это более 100 различных форматов телеграмм (протоколов) передачи оперативных и прогностических данных, по которым ежедневно передаются сотни тысяч сообщений о состоянии гидрометеорологических условий со всего Мира. Кроме того, существует обмен данными в отложенном режиме. К сожалению, здесь не так активно использовались стандарты форматов передачи данных. Но определенные успехи и здесь есть. Так еще в семидесятые годы впервые в мире был осуществлен международный обмен данными в формате обмена самоописывающимися данными (General format) в период выполнения экспериментов Программы исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП) - Атлантического эксперимента ПИГАП (АТЭП), Первого глобального эксперимента ПИГАП (ПГЭП), МУССОН, др. В настоящее время для обмена гидрометеорологическими данными в режиме онлайн используется формат NetCdf – для метеорологических данных, ODV [<http://odv.awi.de/>] - океанографических данных. В последнее десятилетие в этой области стал применяться язык XML. Здесь еще нет работающих в постоянном режиме технологий, но определенные достижения уже наблюдаются. Так разработано несколько XML-схем для сбора данных от приборов [11, 12], а также обмена океанографическими данными в рамках Панъевропейского проекта Sea Data Net (<http://www.seadatanet.org>).

К чему это приведет? Что надо сделать, чтобы уменьшить эти воздействия? <b>Пороговые значения, СППР</b>		<b>Принятие решений</b>
<b>Системы прогнозирования, Data mining, Прогноз</b>	<b>Прогноз</b>	Что будет в ближайшие часы, или дни, или месяцы, или даже годы?
Информационно-аналитические системы. <b>Статистические пакеты типа SAS, MATLAB</b>	<b>Статистический анализ</b>	Что и когда это случилось? <b>Агрегированные данные.</b>
<b>Системы интеграции данных</b>	<b>Специальные запросы</b>	Визуализация данных из различных источников. <b>Распределенные, неоднородные данные.</b>
<b>Стандартные отчеты</b>	Зарегистрированные факты - исходные данные. <b>Информационно-измерительные и учетные системы.</b>	

*Степень агрегации данных*

Рис. 3. Степень агрегации показателей и их использования для поддержки решений

## 6 Анализ и объяснение (описание)

Анализ данных широко применяется в гидрометеорологии уже многие десятилетия. При этом используются все возможные методы обобщения гидрометеорологической информации, рис.4. С точки зрения визуализации основными формами представления данных являются карта, таблица, график (диаграмма). Используя единый интерфейс визуализации информационных ресурсов ЕСИМО, пользователь уже сейчас может получить на интерактивной карте данные по каждой станции или в виде изолиний интерполированные и прогнозные данные в узлах регулярной сетки. При этом можно получить график изменения того или иного параметра в точке за последнюю неделю с возможностью продолжения графика на основе прогностических данных на несколько суток вперед.

## 7 Поддержка решений

Отечественный и зарубежный опыты показывают, что ущерб от ОЯ связан не столько с отсутствием возможности предотвратить последствия ОЯ, сколько с плохой информированностью и с недостаточным учетом имеющейся информации.

Исследования по созданию СППР ведутся уже более двух десятилетий. Имеется ряд проектов [8-10], в которых звучат слова о создании подобных систем. К сожалению, существенных практических результатов по созданию СППР в области окружающей среды пока не получено. Реализации таких систем сводятся либо к моделированию ситуаций, что тоже нужно делать, либо предоставлению аналитических данных. Если в девяностых годах основной трудностью в развитии СППР была невозможность быстрого поиска и доступа к данным, то сейчас требуется огромная работа по сбору и формализации знаний с привлечением экспертов из многих отраслей знаний. Всемирная метеорологическая организация

разработала руководящие принципы обслуживания прогнозами ОЯ и предупреждениями о них [7], в которых впервые поднят вопрос о прогнозе возможных воздействий ОЯ на население и промышленность.

Для принятия решений необходимы выделение зоны ОЯ; идентификация объектов, которым угрожает опасность; анализ и оценка этих объектов (количество жителей, расположенных в опасной зоне, школы, больницы, опасные сооружения и т.п.). СППР в случае ОЯ должна создаваться на основе следующей идеи. Зная условия среды, можно заранее определить возможные воздействия среды на объекты экономики, зная воздействия можно определить перечень рекомендаций по предотвращению (уменьшению) убытков или повышению эффективности использования природных ресурсов, рис.5.

В результате наблюдений за гидрометеорологическими параметрами выявляются сигналы в виде превышения критических значений параметров. Сравнивая этот сигнал с многолетним значением, получаем отклонение от средних условий. На основе исходных (текущих) значений параметров составляется также прогноз его изменений на ближайшие сутки, неделю с соответствующей заблаговременностью. Если текущее или прогнозное значение параметра превышает некоторую критическую величину для рассматриваемого объекта, то для такого объекта выдается предупреждение. Руководители объектов после получения предупреждения или оповещения должны начать подготовку объекта к ОЯ с целью уменьшения или предотвращения его влияния. Для составления рекомендаций необходимо иметь исходные данные, результаты их анализа и обработки, прогнозы различной заблаговременности, знать особенности производственной деятельности предприятий, а также характер влияния ОЯ на объекты.

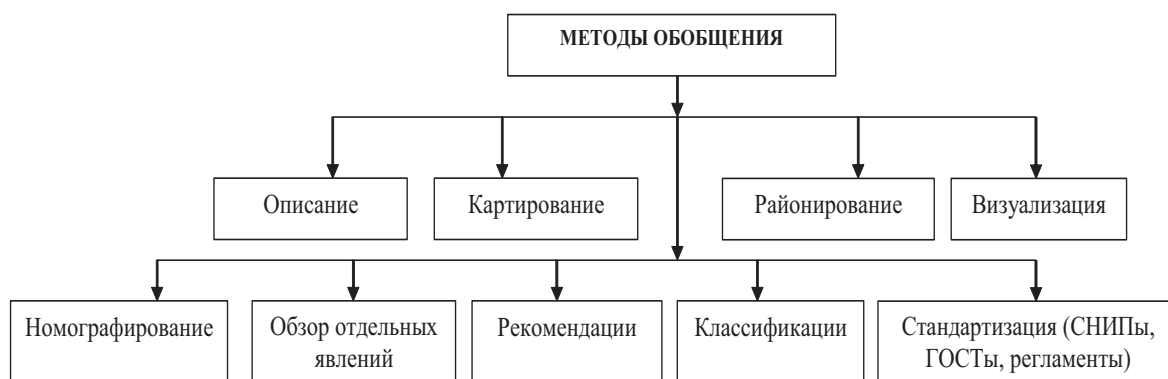


Рис. 4. Методы обобщения гидrometeorологической информации

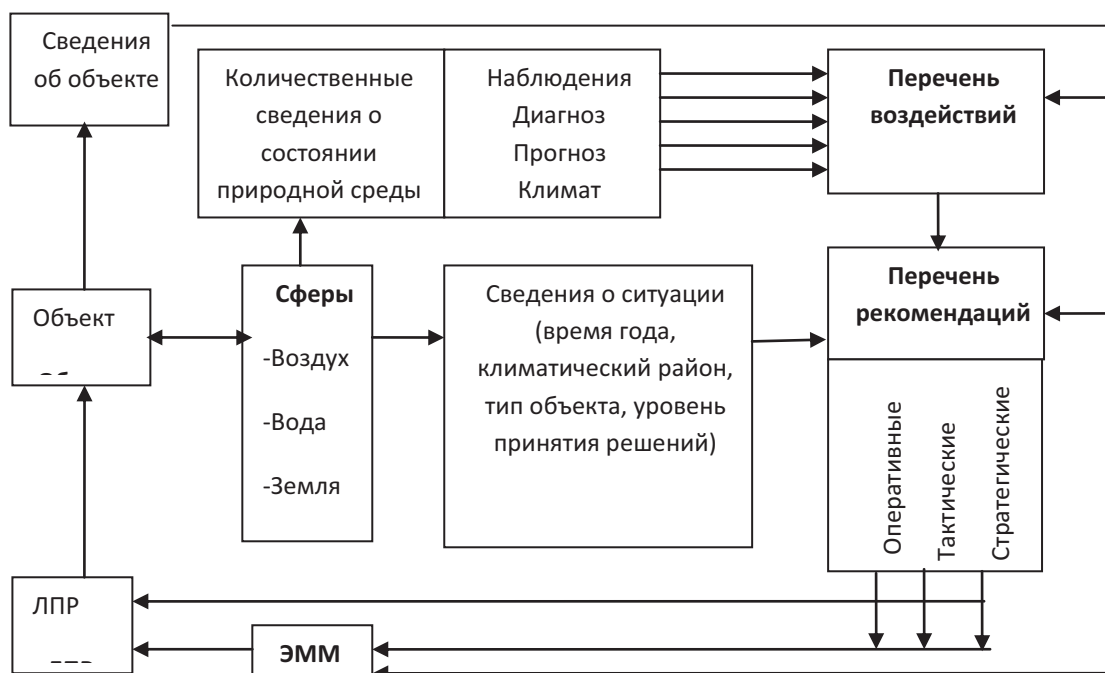


Рис. 5. Схема функционирования СППР

Для создания базы знаний необходимо: разработать средства выявления знаний от экспертов; организовать поток информации от имеющихся информационных систем (текущие данные, анализы, прогнозы, климат) через систему интеграции информационных ресурсов; поддерживать базы знаний в актуальном состоянии. Последний этап включает процессы формализации, диффузии знаний - распределения знаний по ситуациям и обеспечения доступа к ним, координации и контроля знаний на непротиворечивость, регистрации пользователей путем настройки их личных профилей, постоянной оценки значений в потоках данных на выход за критические пределы для конкретных объектов и технологических процессов, выполняемых на этих объектах, генерации и доставки сообщений об ОЯ ЛПР [3, 6].

Таким образом, до каждого ЛПР должна доводиться только та информация, которая ему необходима в конкретной ситуации. При использовании штормовой, исходной, диагностической, прогностической, климатической информации в любой момент, в любой точке, по любому району, на любое интернет-устройство необходимо на ее основе вырабатывать рекомендации для принятия решений; оптимизировать стратегическое и тактическое планирование; минимизировать потери и ущербы за счет оперативности и приоритетности принимаемых решений.

Система должна выдавать сообщения либо через равные промежутки времени, либо каждый раз, когда отклонение условий от нормы (аномалия) становится или прогнозируется больше допустимого, либо, когда тенденция изменения

значений параметра становится существенной. СППР ориентируется на технологические процессы, выполняемые на объектах экономики (например, для судна это погрузка, переход через океан, др.).

ЛПР, кроме СППР, может воспользоваться программными средствами МетеоАгент, МетеоМонитор, экономико-математическими моделями (ЭММ), ГИС.

Приложение МетеоАгент позволяет автоматически информировать пользователей о наступлении ОЯ и повысить их информативность за счет получения дополнительных сведений о сложившейся гидрометеорологической обстановке.

Приложение МетеоМонитор можно представить на примере классической панели управления техническим объектом, на которую выведены изображения гидрометеорологических приборов с возможностью указания значений показателей и его индикации, графики изменения показателей.

В нормальном рабочем режиме на большинство этих показателей персонал не обращает внимания, но если значение параметра превысило критическое, то на панели управления значение показателя подсвечивается соответствующим цветом (желтый, оранжевый, красный) уровень опасности, показывающий, что на него следует обратить внимание. Контролю подлежат абсолютные значения показателей, их относительные изменения, а также характеристика тенденции.

Одно лишь предупреждение не заставит людей предпринять соответствующие действия. Помимо выдачи сообщений с предупреждением, руководителей необходимо информировать о том, чем они сами рискуют, не приняв надлежащих мер. Если кроме предупреждения об опасности и возможном риске, руководители получают информацию относительно экономической целесообразности таких действий, то они имеют обыкновение выбрать из возможных действий такие, которые обходятся в минимальную сумму и требуют наименьших усилий. У ЛПР должны быть модели, которые, используя технико-экономическую и другую информацию об объекте, позволяют оптимизировать принятие превентивных мер. В качестве технико-экономической информации могут выступать сведения о производительности труда, ущербе, прибыли и др.

Важной особенностью СППР является возможность предварительной оценки планируемых превентивных мероприятий в период до, в момент прохождения и после ОЯ, а также при наличии производственно-хозяйственных показателей объекта - расчета экономических потерь (ущерб) и затрат на превентивные мероприятия по ЭММ.

В зависимости от оправдываемости прогноза, возможного ущерба и стоимости превентивных мероприятий ЛПР может выбирать наиболее эффективную стратегию принятия решений. Например, если стоимость превентивных мероприятий близка к возможному ущербу, то мероприятия не стоит проводить. Или для воздействий, которые не приводят к существенным

экономическим потерям, предлагаемые рекомендации имеют более низкий приоритет.

При поддержке решений большую помощь окажет ГИС с детальными планами объектов экономики, локальными, региональными и глобальными картами метеорологических параметров в виде анализов, прогнозов, изменений климата с выделением опасных районов.

## Выводы

Анализ состояния прикладной обработки гидрометеорологических данных показывает, что уровень автоматизации в отрасли достаточно высокий. В любой момент, по любому району, с любого интернет-устройства можно получить гидрометеорологическую информацию.

Безусловно, на всех этапах обработки данных существуют проблемы и трудности, которые решаются в плановом порядке. В тоже время эта информация недостаточно эффективно используется при принятии решений, что требует развития информационного обеспечения как с точки зрения использования мобильных технологий, так и создания СППР.

СППР должна быть ориентирована на предоставление сведений о воздействиях и рекомендациях, связанных с обеспечением безопасности личности и имущества, широкому кругу населения и ЛПР в круглосуточном режиме.

В перспективе необходимо перейти от понятия «прикладная задача обработки данных» к понятию «бизнес-функция управления промышленным объектом в случае ОЯ», которая относится не к системе обработки данных, а к системе управления предприятием, определяет полный комплекс процессов мониторинга гидрометеорологической обстановки (наблюдение, диагноз, прогноз, получение климатических оценок) и включает конечную стадию мониторинга - принятие решения.

## Литература

- [1] Вязилов Е.Д., Михайлов Н.Н. Интеграция данных о морской среде и деятельности // Инфраструктура спутниковых геоинформационных ресурсов и их интеграция. Сборник научных статей под ред. д.т.н. М.А. Попова и д.т.н. Е.Б. Кудашева. – Киев: Карбон-Сервис. 2013. pp. 174 -181.
- [2] Веселов В.М. Язык описания гидрометеорологических данных // М.: Гидрометеоиздат. Труды ВНИИГМИ-МЦД. - 1978. - Вып. 43. - С. 3-30.
- [3] Геловани В.А., Бритков В.Б., Башлыков А.А., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. М.: ИСА РАН, УРСС. 2001. 304с.
- [4] Ламанов В.И., Вязилов Е.Д. Обобщенная схема обработки океанографических данных в банке данных "Океанография" // М.:

- Гидрометеиздат. Труды ВНИИГМИ-МЦД. - 1981. - Вып. 79. С. 7-12.
- [5] Обследование текущего состояния и перспектив развития технологий сбора и накопления данных наблюдений, их обработки и получения продукции, доступа к информации // Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД. 2014. <http://portal.esimo.ru/portal/portal/questions-status/>
- [6] Поспелов Д.А. Ситуационное управление. - М.: Наука. - 1986. - 288 с.
- [7] Руководящие принципы ВМО обслуживания прогнозами опасных явлений с учетом воздействий и предупреждениями о них // ВМО. Комиссия по основным системам. Внеочередная сессия. Асунсьон, Парагвай, 8–12 сентября 2014 г. Дополнение к проекту резолюции 2.1. – 27 с.
- [8] Mediterranean Decision Support System for Marine Safety. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.medess4ms.eu/products>. (Дата обращения 2.07.2015).
- [9] Meteo Dashboard a decision support system for planning operation and maintenance activities at offshore wind farms. De Nederlandse offshore windenergieconferen. Deltares. Jan-Joost Schouten Senior project manager offshore. January 24, 2014. – 24 pp.
- [10] Netti1, N., Damiano E., Greco R., Olivares L., Savastano V. and Mercogliano P. Natural Hazard Risk Management: a Multidisciplinary Approach to Define a Decision Support System for Shallow Rainfall-Induced Landslides // The Open Hydrology Journal, 2012, Vol. 6, pp.97-111.
- [11] OpenGIS Transducer Markup Language (TML) Encoding Specification // Open Geospatial Consortium, Inc. - 2012. <http://www.opengeospatial.org/standards/tml>.
- [12] Sensor Model Language (SensorML) // Open Geospatial Consortium, Inc. - 2012. <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>

### **The IT in Hydrometeorology: from Data Collection to Analytic and Decisions Support**

Evgeny D. Vyzilov, Denis A. Melnikov, Nikita V. Chunyaev

The state of automation of the main stages of processing hydrometeorological data in Rushydromet is presented. The proposals for the development of applied data processing are given to improve the utilization of data for decision-making.