

Обзорная информация по вопросам, связанным с переходом на ТОКФ

Таблично-ориентированные кодовые формы (ТОКФ) представляют собой предложенный Всемирной метеорологической организацией (ВМО) универсальный гибкий расширяемый формат для обмена данными всех видов гидрометеорологических наблюдений и рассматриваются ВМО как единственный формат, который необходим для кодирования данных наблюдений и рекомендуется для всех существующих и будущих областей деятельности ВМО. В ближайшем будущем ВМО планирует заменить на ТОКФ все ранее используемые традиционные алфавитно-цифровые коды (ТАК), имеющие многочисленные ограничения, препятствующие прогрессу в обмене и распространении метеорологических данных, и в первую очередь коды КН-01 FM 12 SYNOP, КН-04 FM 35 TEMP, КН-03 FM 32 PILOT, FM 71 CLIMAT, используемые странами-членами МСГ для оперативного обмена по каналам связи. Согласно плану ВМО перехода на ТОКФ, данные, передававшиеся с использованием этих кодов, относятся к данным категории 1.

Существует два вида ТОКФ: BUFR (Binary Universal Form for Representation meteorological data - двоичная универсальная форма для представления метеорологических данных) FM 94 и CREX (Character form for Representation and EXchange of data - буквенно-цифровая, т.е. символьная, форма для представления и обмена данными) FM 95. Кодовая форма BUFR представляет компактный способ передачи данных за счет двоичного представления данных и дополнительно предлагает возможность сжатия данных, однако является машинно-ориентированной - как кодирование, так и декодирование возможно только с использованием компьютера при наличии соответствующего программного обеспечения. Символьная кодовая форма CREX предназначена для восприятия человеком и допускает ручное кодирование, но при передаче одного и того же объема информации требует большего по сравнению с BUFR размера сообщений. ВМО рекомендует использовать BUFR во всех существующих и вновь разрабатываемых автоматизированных системах наблюдений. CREX же рекомендуется применять для неавтоматизированных наблюдений, а также в случае отсутствия современных каналов связи, способных передавать двоичные данные.

ТОКФ являются «самоописательными» формами, т.к. каждое сообщение в формате ТОКФ содержит заголовок, в котором помимо другой служебной информации содержится перечень кодов описателей, или дескрипторов, названий, единиц измерения, точности представления и длины (в символах или битах) для передаваемых в сообщении элементов данных (наблюдаемых величин). Например, код дескриптора 012014 в заголовке сообщения ТОКФ указывает, что в соответствующем месте в разделе данных содержится информация о максимальной температуре на высоте 2 м за последние 12 часов, передаваемая с точностью 0.1 К 12-ю битами в бинарном виде в коде BUFR или 3 символами в символьном виде в коде CREX. Содержание каждого описателя подробно представлено в соответствующих таблицах А, В, С и D Наставления по кодам ВМО №306, Том 1.2. Эти таблицы, собственно, и дали название ТОКФ и обеспечили им универсальность, гибкость и расширяемость. Для того, чтобы добавить новый элемент в передаваемое сообщение с использованием ТОКФ, достаточно включить в раздел описания данных соответствующий дескриптор, при этом не потребуется изменять программное обеспечение, используемое для декодирования.

Строго говоря, каких-то отдельных кодов BUFR и CREX в традиционном понимании для синоптических и аэрологических, как и любых других данных, не существует. BUFR и CREX это кодовые формы, которые предоставляют универсальный язык описания метеорологических данных, что позволяет включать в передаваемое сообщение произвольные данные. Так, например, в результаты радиозондирования для каждого уровня можно включать или относительную влажность или точку росы или обе эти величины одновременно. Таким образом, когда используется выражение «данные

передаются в коде BUFR», имеется в виду «данные передаются с использованием кодовой формы BUFR».

Для того, чтобы дать представление о ТОКФ, в приложении приведен пример использования CREX для кодирования результатов радиозондирования. Наставление ВМО №306, Том I.2 содержит строгое формальное описание кодовых форм BUFR и CREX. Более развернутое описание ТОКФ, которое рекомендуется в качестве введения при изучении ВМО №306, Том I.2, содержится в Руководстве ВМО по таблично-ориентированным кодовым формам: FM 94 BUFR и FM 95 CREX, русская версия которого размещена на сайте ВМО по адресу:

http://www.wmo.int/pages/prog/www/WMOCodes/Guides/BUFRCREXPreface_ru.html.

ТОКФ позволяют передавать вместе с результатами наблюдений и необходимые метаданные, включая информацию о качестве данных. Так, шаблоны ТОКФ для данных категории 1 (SYNOP, CLIMAT, TEMP, PILOT) предусматривают явную передачу в каждом сообщении координат, высоты станции и нуля барометра, а также времени проведения наблюдений. Это позволяет, например, устранить проблемы, связанные с ошибками и несвоевременным обновлением данных о станциях в Каталоге метеорологических бюллетеней ВМО - №9. Метеорологические сообщения. Том C1, а также с ошибками, возникающими в свою очередь у потребителей результатов наблюдений из-за несвоевременного обновления и ошибок пользовательских каталогов. Для аэрологических данных, для которых предусмотрена передача координат и времени для каждого уровня, применение ТОКФ позволяет использовать продвинутые методы усвоения данных. Для синоптических данных предусмотрена передачи информации о высоте датчиков над поверхностью, а также явной информации о периодах времени, к которым относятся те или иные данные, которая отсутствует или может отсутствовать в коде SYNOP (например, из-за практики исключения группы bRRRtR при RRR=0). Для среднемесячных сводок данных синоптических наблюдений шаблон ТОКФ позволяет также передавать дополнительные характеристики статистических данных.

Использование ТОКФ позволяет передавать результаты наблюдений с необходимой точностью и избегать недостатков с ограниченной точностью их представления в ТАК (например, проблем с декодированием геопотенциала на уровнях 925, 850 и 700 гПа, с которыми продолжают сталкиваться в последние годы даже ведущие отечественные и зарубежные метеорологические центры при экстремальных значениях приземного давления). ТОКФ позволяют передавать данные радиозондирования с результатами обработки на всех имеющихся уровнях и, как следствие, существенно увеличить точность представления вертикального распределения метеорологических величин в атмосфере (как показано экспертами КПМН, в коде TEMP КН-04 из-за представления данных уровнями изобарических поверхностей и особых точек она уже существенно уступает точности систем радиозондирования). При этом при использовании ТОКФ сохраняется и возможность передавать данные на уровнях особых точек и стандартных изобарических поверхностей, она предусмотрена для обратной совместимости на переходной период. В дальнейшем данные на уровнях стандартных изобарических поверхностей могут восстанавливаться заинтересованными потребителями самостоятельно из данных высокого разрешения. Соответственно, должны отойти в прошлое многочисленные проблемы, связанные с кодированием результатов обработки современных систем радиозондирования с использованием традиционного кода КН-04: ограниченная точность представления данных и неоднозначность выбора особых точек. Для синоптических данных использование ТОКФ позволяет объединять потоки информации разных видов (оперативной и режимной) и, как следствие, существенно увеличить число потребителей гидрометеорологической информации.

В 2003 г. XIV Конгресс ВМО одобрил график перехода на ТОКФ, в котором были все существующие ТАК были разделены на 6 категорий:

1. Общие: синоптические и аэрологические
2. Спутниковые
3. Авиационные
4. Морские
5. Прочие
6. Устаревшие.

Для категорий 1-5 предусматривались сроки начала экспериментального обмена ТОКФ, начала оперативного обмена ТОКФ и завершения перехода, переход на ТОКФ для данных категории 6 не предусматривался.

Для координации и контроля процесса перехода всем странам-членам предлагалось представить в ВМО национальный план перехода на ТОКФ, в котором для каждой из соответствующих категорий данных должен был быть указан срок, к которому страна-член будет готова передавать и получать данные с использованием ТОКФ и не будет нуждаться более в получении данных с использованием ТАК.

В соответствии с планом ВМО с ноября 2005 г начался и к ноябрю 2010 г. должен завершиться переход к международному обмену синоптическими и аэрологическими данными (Категория 1) с использованием ТОКФ (для морских наблюдений к 2012, для авиационных кодов – к 2015 гг.). Планировалось, что в период с 11.2005 по 10.2010 для обмена данными Категории 1 будут параллельно использоваться и ТАК и ТОКФ, а с 11.2010 международный обмен ТАК будет прекращен. Однако из-за трудностей, которые испытывали с реализацией перехода на ТОКФ отдельные члены ВМО, доля данных, передаваемых с использованием ТОКФ, составила к осени 2010 года только 24% для синоптических и 30% для аэрологических данных. В связи с этим ВМО допустило параллельное распространение ТАК и ТОКФ там, где это необходимо, и после ноября 2010 года, но ввело дату прекращения обмена данными Категории 1 с использованием ТАК – ноябрь 2014 года (внеочередная сессия КОС ВМО, 2010 г., Намибия).

В последние годы наблюдается существенный рост доли данных категории 1, передаваемых с использованием ТОКФ – к осени 2011 г. она составила 49% для синоптических и 44% для аэрологических данных и тенденция продолжает сохраняться. Таким образом, прогресс с переходом на ТОКФ постепенно достиг критической массы, после которой его невозможно более игнорировать. Вместе с тем до 2014 г. остается достаточно времени, чтобы позволить странам-членам МСГ осуществить переход на ТОКФ в намеченные ВМО сроки с учетом национальных интересов и приоритетов.

Реализация перехода к ТОКФ сопряжена с решением целого ряда проблем. Переход к использованию ТОКФ требует соответствующих изменений технологий, используемых для приема, передачи и мониторинга данных в ГСТ, а также для обмена данными на национальном уровне, в особенности для передачи бинарных данных при кодировании сообщений BUFR непосредственно по месту производства наблюдений или в центрах сбора данных (ЦСД), что требует наличия соответствующих средств связи. Во время переходного периода, когда для одних и тех же типов данных происходит параллельная передача ТАК и ТОКФ, на систему сбора и распространения метеоинформации ложится увеличенная нагрузка. В процессе перехода необходимо обеспечить параллельный мониторинг поступления ТАК и ТОКФ и запросов на отсутствующие данные.

Изначально ТОКФ спроектированы так, что при правильной разработке ПО для декодирования ТОКФ может быть сделано универсальным. При появлении новых или изменения формы представления существующих данных не требуется переработка ПО – введение нового элемента в данные обеспечивается простым изменением соответствующих таблиц, а модификация формы представления данных – применением имеющихся описателей операторов модификации данных. В настоящее время ВМО

публикует таблицы ТОКФ в XML формате. Таким образом, при введении новых элементов должны использоваться внешние файлы с новыми версиями таблиц, а само ПО может оставаться неизменным. ПО для декодирования необходимо обеспечить не только ведущие национальные центры, но и всех ведомственных и обслуживаемых потребителей, которым в некоторых случаях может потребоваться специализированное ПО для отдельных типов данных.

Хотя сообщения в коде CREX можно закодировать и вручную, практически переход на ТОКФ невозможен без разработки программного обеспечения кодирования. (ручное кодирование CREX относится скорее к исключениям). ПО для кодирования также может быть сделано универсальным, но при создании сообщений с использованием ТОКФ по месту наблюдения, как правило, этого не требуется, т.к. кодирование данных одного вида наблюдений при заданном наборе передаваемых данных и требований к точности их представления является сравнительно простой задачей.

Для кодирования наиболее экономичным представляется разработка или приобретение специализированного программного обеспечения для кодирования отдельных видов данных. Однако, учитывая, что ТОКФ продолжают развиваться и практика их использования еще не устоялась, при использовании специализированного ПО для кодирования необходим доступ к исходным кодам либо надежная гарантия долговременной поддержки для коммерческого ПО. Наиболее благоприятной является ситуация, когда национальная гидрометслужба имеет возможность разрабатывать ПО кодирования собственными силами или в кооперации с другими гидрометслужбами.

Существует большое количество бесплатных универсальных библиотек кодирования/декодирования с разным уровнем поддержки, а также коммерческое ПО. При выборе между бесплатным и коммерческим ПО необходимо принимать во внимание, какая поддержка предоставляется для бесплатного и коммерческого ПО и затраты, которые могут потребоваться на освоение бесплатного ПО.

Для полноценного использования потребителями новой информации, передаваемой с использованием ТОКФ (например, для данных радиозондирования – дополнительных уровней с данными, а также координат и времени для каждого уровня), даже после обеспечения полноценного декодирования требуются дополнительные усилия по модификации существующих баз данных, систем контроля и усвоения данных. При прекращении передачи данных в ТАК необходимо предусмотреть удовлетворение потребностей всех пользователей данных, как в системе НГМС, так и обслуживаемых потребителей.

Для обеспечения преемственности и стандартизации при переходе на ТОКФ для основных видов наблюдений, использующих ТАК, ВМО разработала т.н. шаблоны, регламентирующие обязательный для международного и регионального обмена набор описателей, однозначно определяющий набор передаваемых данных и их представление. В то же время, эти шаблоны не всегда в полной мере удовлетворяют национальным потребностям. Поэтому включение в сообщение данных, необходимых для национального использования, определяется на национальном уровне, что требует определенной квалификации по теории и практике кодирования ТОКФ.

При прекращении передачи данных в ТАК необходимо предусмотреть удовлетворение потребностей всех пользователей данных, как в системе НГМС, так и обслуживаемых потребителей. Это означает, что использование технологий транскодирования может потребоваться еще очень долгое время.

Переход на ТОКФ потребует определенных ресурсов – организационных, трудовых и финансовых: на руководство, закупки и разработку технических средств, ПО и нормативно-технических документов, обучение и внедрение. Для обеспечения

эффективности использования этих ресурсов важно обеспечить всемерную координацию и, по возможности, сократить период параллельного обращения ТАК и ТОКФ, т.к. в этот период на персонал ложится увеличенная нагрузка.

Работы по переходу на ТОКФ в Росгидромете выполняются в рамках утвержденной Руководителем Росгидромета 29.10.2010 Программы «Первоочередные меры по обеспечению перехода в системе Росгидромета на применение таблично-ориентированных кодовых форм (ТОКФ)», которая охватывает три направления:

- Разработка и внедрение технологий, обеспечивающих декодирование ТОКФ.
- Разработка и внедрение технологий создания, сбора и распространения сообщений данных наблюдений с использованием ТОКФ.
- Разработка и внедрение на переходной период технологий, обеспечивающих конвертацию из ТАК в ТОКФ и передачу в ГСТ данных наблюдений, передаваемых со станций Росгидромета в международный обмен.

Для реализации программы в План ЦНТП Росгидромета в качестве приоритетной включена тема «Разработать и реализовать программу перехода в системе Росгидромета на использование таблично-ориентированных кодовых форм (ТОКФ) для оперативного обмена информацией, а также при формировании режимных баз/банков данных, в том числе:

- разработать оперативную технологию приема, декодирования и хранения данных BUFR основных наблюдательных платформ на информационном сервере в составе высокопроизводительной платформы Гидрометцентра России;
- обеспечить научно-методическое руководство переходом наблюдательной модернизированной сети на новую технологию передачи результатов наблюдений в центры сбора с использованием таблично-ориентированных кодовых форм (ТОКФ);
- разработка программного обеспечения и технологий формирования архивов гидрометеорологической информации поступающей по каналам связи в кодах BUFR.».

Ежеквартально проводятся рабочие совещания по подведению итогов работ.

Состояние работ по направлению разработки технологий декодирования данных в ТОКФ:

ФГБУ «Авиаметтелеком» обеспечил прием и распределение потребителям данных в ТОКФ, поступающих из ГСТ ВМО.

ФГБУ «Гидрометцентр России» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» завершили разработку и провели испытания собственных программных средств декодирования поступающих в BUFR из ГСТ ВМО данных приземных метеорологических наблюдений с их закачкой в оперативные технологии.

ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» завершило разработку и провело предварительные испытания программных средств декодирования поступающих в BUFR из ГСТ ВМО данных в объеме сводок CLIMAT.

ФГБУ «Гидрометцентр России» и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» разработаны программные средства декодирования аэрологических сообщений, поступающих по каналам связи в коде BUFR из ГСТ ВМО, а также с аэрологических станций Росгидромета. Проводится их тестирование, ведется опытная обработка аэрологической информации, поступающей в коде BUFR.

Средства декодирования данных в коде BUFR предоставляют также используемые в региональных/территориальных центрах комплексы «Прометей» и Cliware.

Завершена разработка и проведено тестирование разработчиком модуля декодирования данных SYNOP, CLIMAT, TEMP в коде BUFR в составе комплексов ГИС МЕТЕО (ООО НПЦ «Мэп Мейкер»), поставленных в рамках Проекта «Модернизация и техническое перевооружение учреждений и организаций Росгидромета» в 23 УГМС (полные комплексы ГИС МЕТЕО) и в 93 ЦГМС (ГИС МЕТЕО в составе СЦРИ МИТРА). При этом в данный момент данные в коде BUFR декодируются и записываются в отдельную базу данных. Подготовлены пакеты обновлений для загрузки пользователями ГИС МЕТЕО.

Следует отметить, что в Росгидромете работы по декодированию данных в коде CREX не ведутся. Предполагается, что при необходимости использования данных в коде CREX, будет организовано транскодирование из CREX в BUFR с последующим использованием уже имеющихся технологий.

Состояние работ по направлению разработки технологий кодирования данных в ТОКФ:

Разработано и прошло испытания программное обеспечение оперативного мониторинга поступления данных ТОКФ и комплектования бюллетеней в коде BUFR в ЦКС на базе UniMAS.

Для кодирования в BUFR непосредственно на станциях данных синоптических наблюдений разработано (ЗАО «Ланит»-ФГБУ «ГГО») экспериментальное ПО для автоматизированных метеорологических комплексов (АМК) и автоматических метеорологических станций (АМС), а также (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД») экспериментальное ПО в составе АРМ «Персона МИС» для неавтоматизированных станций, где данные наблюдений заносятся в ПЭВМ вручную. В настоящее время ПО проходит авторские испытания. Технологии кодирования BUFR для наземных автоматических метеостанций предлагают коммерческие производители соответствующего оборудования, такие как ЗАО «ИРАМ». После проведения испытаний при получении положительных результатов такое ПО может быть использовано на станциях с хорошим уровнем состояния средств связи.

В результате анализа материалов анкетирования подразделений Росгидромета по состоянию низовой сети телесвязи Росгидромета, проведенного в начале 2012 г. ФГБУ «Авиаметтелеком Росгидромета» было предложено переносить все задачи, прямо не связанные с проведением наблюдений, в центры сбора данных (подготовка и оформление режимной информации, контроль наблюдений, кодирование и пр.). В том числе отдельного внимания заслуживает вопрос отказа от передачи кодовых форм со станций в пользу универсальных форм представления первичной измерительной информации (например, XML, CSV и т.п.). В этом случае, перевод наблюдений в стандартные кодовые формы, в том числе BUFR, должен осуществляться в центрах сбора данных. Ведется разработка проекта Концепции организации оперативного сбора всего объема наблюдаемой информации, получаемой в наблюдательных подразделениях наземной метеорологической сети и передачи ее в АСПД Росгидромета с учетом новых возможностей расширения программы наблюдений и передачи информации, обеспечиваемых автоматизацией наблюдений и переходом к ТОКФ.

В рамках международного сотрудничества с Межпрограммной группой экспертов по представлению данных и кодам (МПГЭПДК) Комиссии основных систем ВМО согласовано применение для российских систем радиозондирования (в которых первичной вертикальной координатой является не давление, а геопотенциальная высота, рассчитанная по радиолокационным данным, а давление определяется из уравнения

гидростатики.) шаблона ТМ309052, рекомендованного ВМО для перехода к ТОКФ для аэрологических данных. Секретариатом ВМО подготовлены соответствующие изменения к Правилам В/С 25 передачи аэрологических данных с использованием ТОКФ и таблицы В ВUFR/CREX, которые после одобрения Президентом КОС ВМО должны вступить в силу в ноябре 2012 г.

Разработано экспериментальное ПО кодирования результатов обработки штатного программного обеспечения АРВК АВК-АП «ЭОЛ», АВК-«АРМ Аэролога» и МАРЛ-А в ВUFR и CREX и отправки ВUFR (а также данных в традиционных кодах) по электронной почте. Для комплексов АВК – АРМ «Аэролога» и МАРЛ-А передаются данные с высоким вертикальным разрешением. При необходимости, по соответствующему запросу технологии могут быть переданы на свободной основе национальным центрам в зоне ответственности РУТ Москва (без оказания поддержки или с оказанием поддержки на договорной основе). С использованием этого ПО организована оперативная передача данных радиозондирования в коде ВUFR в ГСТ ВМО с АЭ Долгопрудный, Нижний Новгород и Мурманск (с декабря 2011 г.). Разработана система заголовков для сбора аэрологических данных в коде ВUFR, а также для комплектования бюллетеней с этими данными.

ФГБУ «ЦАО» и «Авиаметтелеком Росгидромета» проводят отработку сбора аэрологических данных в коде ВUFR их передачи в ОАСПД Авиаметтелекома на уровне центров АСПД. Для этого на основе ПО, разрабатываемого для передачи аэрологических данных, разработано специальное ПО, формирующее тестовые сообщения в коде ВUFR, содержащие только индекс станции, и все необходимые заголовки для передачи данных в коде ВUFR по электронной почте и по протоколу WMO FTP. Это обеспечивает возможность проверить и отработать ввод данных в коде ВUFR в ЦКС UniMAS (для протокола WMO FTP – еще и в комплексы МИТРА) и их прохождение в ОАСПД Авиаметтелекома, а также определить способ передачи (по электронной почте или протоколу WMO FTP), не отвлекая персонал АЭ. В настоящее время данное ПО проходит «обкатку» в ОАСПД Авиаметтелекома, а затем будет разослано в ЦГМС и УГМС. Планируется завершить отработку передачи данных в коде ВUFR на уровне центров АСПД к концу мая, с тем чтобы в июне уже можно было начать пробную передачу данных в коде ВUFR с выбранных АЭ и уточнить по ее результатам перечень АЭ, которые будут передавать аэрологические данные в экспериментальном режиме в третьем квартале. По результатам экспериментальной передачи будет приниматься решение об оперативной передаче данных в коде ВUFR в 4 квартале 2012 г. Основная задача на 2012 г. по переходу передачи на данных в коде ВUFR – сконцентрировать усилия на том, чтобы обеспечить успешную передачу данных в коде ВUFR как минимум с одной АЭ каждого УГМС с тем, чтобы в каждом УГМС имелся положительный опыт, которые обеспечит переход на передачу в коде ВUFR оставшихся АЭ в 2013-2014 гг.

Специалисты Авиаметтелекома прорабатывают также и возможность отправки с АЭ данных в коде ВUFR по HTTP-протоколу, либо через браузер, либо через ПО кодирования в ВUFR.

Состояние работ по направлению разработки технологий транскодирования данных ТАК ↔ ТОКФ:

Разработана и утверждена «Схема транскодирования SYNOP→ВUFR для передачи в ГСТ ВМО данных приземных метеорологических наблюдений с сети Росгидромета», которая описывает правила и процедуры преобразования информации из кода КН-01 в ВUFR. Разработаны и успешно прошли апробацию с участием ФГБУ «Гидрометцентр РФ», ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», ФГБУ «ГГО», а также региональных координаторов по переходу на ТОКФ РАИ и РАВИ ВМО две независимые технологии транскодирования SYNOP→ВUFR, реализующие указанную схему. При необходимости, по

соответствующему запросу технологии могут быть переданы на свободной основе национальным центрам в зоне ответственности РУТ Москва (без оказания поддержки или с оказанием поддержки на договорной основе).

ФГБУ «Авиаметтелеком» внедрил транскодирование SYNOP→BUFR в оперативную эксплуатацию, разработал систему заголовков транскодированных бюллетеней для сводок со станций, передаваемых в международный обмен и с 27.04.2011 в соответствии с установленным в ВМО порядком приступил к передаче в ГСТ ВМО данных приземных метеорологических наблюдений с сети Росгидромета в коде BUFR, транскодированных из сообщений в коде КН-01.

При необходимости, по соответствующему запросу, ФГБУ «Авиаметтелеком» готов осуществлять транскодирование в BUFR данных приземных метеорологических наблюдений, поступающих в коде КН-01 от национальных центров в зоне ответственности РУТ Москва.

Разработано дополнение к «Схеме транскодирования SYNOP→BUFR ...» по использованию шаблона 3 07 086 в случаях наличия данных об особых явлениях в группах 9SPSPspsp раздела 3 кода КН-01 и готовится его внедрение в оперативную практику.

Разработана и прошла с незначительными замечаниями предварительную апробацию технология транскодирования BUFR→SYNOP, т.е. преобразования данных приземных метеорологических наблюдений из кода BUFR в код КН-01, что позволяет использовать синоптические сводки в коде BUFR в любой из существующих систем обработки информации. В связи с тем, что потребности Росгидромета в декодировании данных приземных метеорологических наблюдений, поступающих в коде BUFR, покрываются технологиями ФГБУ «Гидрометцентр РФ», ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» и ООО НПЦ «Мэп Мейкер», ее разработка временно приостановлена до уточнения потребностей стран-членов МСГ и сторонних потребителей метеорологической информации.

Кац А.П.
Alexander.Kats@cao-rhms.ru

Использование кода CREX для передачи аэрологических данных

Хотя кодовая форма CREX существенно менее употребительна по сравнению с кодовой формой BUFR, возможно придется использовать CREX для передачи данных на тех АЭ, где передача двоичных данных невозможна. Поскольку CREX является символьной кодовой формой, данные в коде CREX пригодны к передаче, например, по телеграфному каналу или, в самом худшем случае, их можно продиктовать по телефону.

Так как CREX является символьным аналогом BUFR, знакомство с кодом CREX позволяет более наглядно иллюстрировать принципы представления данных с использованием ТОКФ.

Сообщение в коде CREX состоит из разделяемых символами «++» разделов:

РАЗДЕЛ 0 Раздел указателя

РАЗДЕЛ 1 Раздел описания данных

РАЗДЕЛ 2 Раздел данных

РАЗДЕЛ 3 (Необязательный раздел)

РАЗДЕЛ 4 Раздел конца сообщения.

Раздел указателя состоит из символов «CREX», раздел конца сообщений состоит из символов «7777».

Аналогично коду BUFR, раздел описания данных исчерпывающим образом описывает содержание данных, передаваемых в разделе данных, посредством перечисления набора дескрипторов, соответствующих передаваемым данным. С некоторыми упрощениями можно сказать, что, если это не оговорено особо, дескрипторы кода CREX соответствуют дескрипторам кода BUFR.

Для представления аэрологических данных в коде CREX было выбрано издание 1, т.к. издание 2 предполагает существенно больший размер раздела 1 с описанием данных. Для издания 1 кода CREX содержание раздела 1 определяется следующим образом:

Группа1 Ttееvv, описатель таблиц CREX

T – индикатор таблиц CREX

tt – номер эталонной таблицы CREX

ее – номер издания CREX

vv=03 – номер версии таблиц CREX

Группа2 Annn, ссылка на таблицу A CREX

A – индикатор Таблицы A CREX

nnn=002 – категория данных из Таблицы A CREX.

Группа3..ГруппаN, набор описателей (дескрипторов) Vххууу, Sххууу, Dххууу и/или Rххууу, где B, C и D – индикаторы соответствующих таблиц, а R – дескриптор повторения следующих за ним дескрипторов. Этот набор

однозначно определяет состав информации, передаваемый в разделе данных в порядке следования описателей. Для пользователя достаточно иметь этот набор описателей и таблицы BUFR/CREX, чтобы однозначно раскодировать сообщение CREX.

Дескрипторы, начинающиеся с буквы В являются дескрипторами элементов, они непосредственно определяют единственный элемент данных посредством ссылки на таблицу В BUFR/CREX, следующие две цифры хх определяют класс элемента, а последние три цифры ууу – собственно номер описания элемента в таблице В BUFR/CREX класса хх. Дескрипторы элементов кодов BUFR и CREX, кодируемые с помощью кодовых таблиц и таблиц флагов, используют одни и те же кодовые таблицы. Отсутствующие значения указываются посредством набора символов дробной черты «/», количество которых соответствует длине данных. Если количество значащих цифр меньше длины данных, они дополняются слева необходимым количеством нулей, для указания отрицательных значений используется знак «-», который не учитывается при определении длины данных. В качестве разделителя используется пробел, для улучшения удобочитаемости можно использовать более одного пробела, но в нашем случае это не имеет смысла, т.к. увеличивает длину сообщения.

Дескрипторы, начинающиеся с буквы R, функционируют как дескрипторы повторения. Если количество повторяющихся элементов указано равным нулю (R хх 000), это означает, что дескриптор определяет повторение хх элементов с задержкой. Например, наличие дескриптора R 01 000 в разделе описания означает, что на соответствующем месте в разделе данных будет находиться число, определяющее количество повторений данных элементов, описываемых одним (01) дескриптором, следующим за R 01 000. В отличие от BUFR в CREX предусмотрена фиксированная длина для числа повторений – четыре цифры. Дескрипторы, начинающиеся с буквы С, являются дескрипторами-операторами и указывают на преобразование, выполняемое над элементами, например, изменение масштаба, они соответствуют дескрипторам кода BUFR с F=2 и здесь не рассматриваются. Наконец, дескрипторы, начинающиеся с буквы D, функционируют как дескрипторы-последовательности, они соответствуют дескрипторам кода BUFR с F=3. Как и для дескриптора последовательностей кода BUFR, один дескриптор D замещается последовательностью дескрипторов типа Vххууу, Sххууу, Dххууу и/или Rххууу, описанной в таблице D. Для описателей последовательностей Dххууу хх обозначает категорию последовательности, а ууу – номер последовательности в таблице соответствующей категории. Набор описателей, соответствующих ууу для некоторой категории хх, однозначно определен в таблице D (за небольшим количеством исключений CREX использует таблицу D BUFR, более подробное рассмотрение выходит за рамки

настоящего документа).

CREX был разработан, как алфавитно-цифровая версия BUFR, и является его символьным аналогом. Поэтому неудивительно, что Правила В/С 25 предписывают использование шаблона ТМ 309052 для передачи аэрологических данных и с использованием CREX. Однако использование ТМ 309052 с CREX приводит к такому большому объему передаваемого текста, который делает использование CREX практически неприемлемым даже в случае передачи только тех уровней, которые и так передаются в коде КН-04, т.е. данных на уровне стандартных изобарических поверхностей, уровнях особых точек, тропопаузы и максимального ветра.

Поэтому для представления в CREX данных радиозондирования с аэрологических станций Росгидромета была взята за основу уже имеющаяся более простая последовательность D 09 005 таблицы D кода CREX «Вертикальное зондирование с относительной влажностью», см. таблицу 1.

Таблица 1

Схема общей последовательности D 09 005

D 09 005	Вертикальное зондирование с относительной влажностью
Дескрипторы	Наименование
D 01 037	Идентификация и т. д. (наземная станция, местоположение с высокой точностью)
D 02 004	Общая информация об облачности
R 01 000	Повторение с задержкой 1 дескриптора
D 03 013	Данные о давлении, геопотенциале, температуре и ветре

В последовательности D 09 005 последовательность D 02 004 была заменена на D 02 049 (аналог 3 02 049), которая больше подходит для передачи информации об облачности (группа $N_h C_L h C_M C_H$), сообщаемой с аэрологических станций при проведении радиозондирования (см. таблицу 2).

Таблица 2

Схема последовательности дескрипторов, предлагаемая для передачи аэрологических данных с сети Росгидромета в коде CREX

Дескрипторы	Наименование
D 01 037	Идентификация и т. д. (наземная станция, местоположение с высокой точностью)
D 02 049	Информация об облачности, сообщаемая с вертикальным зондированием
R 01 000	Повторение с задержкой 1 дескриптора
D 03 013	Данные о давлении, геопотенциале, температуре и ветре

Окончательно, после подстановки в последовательности таблицы D дескрипторов более низкого уровня получаем состав дескрипторов, используемых в предлагаемой схеме

для передачи аэрологических данных в коде CREX (см. таблицу 3 с описаниями элементов, описываемых используемыми дескрипторами элементов).

Для выбранной схемы последовательности дескрипторов (таблица 2) раздел 1 описания данных в коде CREX выглядит следующим образом:

T000103 A002 D01037 D02049 R01000 D03013++

В T000103 первые две цифры соответствуют номеру эталонной таблицы CREX 0, что соответствует использованию стандартных таблиц ВМО FM 95 CREX, вторые две цифры соответствуют номеру 1 издания CREX, а последние две цифры – номеру 3 используемой версии таблиц CREX. A002 определяет категорию данных 2, что согласно таблице А кода CREX означает «Данные вертикального зондирования (отличные от данных спутникового зондирования)». Далее, как легко увидеть, перечисляются дескрипторы верхнего уровня из таблицы 2.

Ниже фрагментарно приведен пример сообщения в коде CREX с данными радиозондирования на АЭ Мурманск 04.09.2011 в срок 12 ВСВ:

```
CREX++
T000103 A002 D01037 D02049 R01000 D03013++
22 113 088 // 2011 09 04 11 30 6898300 03311700 00121
62 00 //// 30 20 10 // 0063
10051 106 000118 129 059 180 0040
10000 040 000160 114 065 190 0040
09761 004 000353 088 069 223 0040
09649 002 000451 082 072 229 0040
09603 000 000490 082 072 228 0040
09250 040 000795 048 082 222 0040
...
01000 040 016044 -531 030 260 0040++
7777
```

Таблица 3

Последовательность дескрипторов, соответствующая схеме, предлагаемой для передачи аэрологических данных с сети Росгидромета в коде CREX

Последовательность/ Вложенная последовательность	Дескриптор	Наименование	Единицы измерения	Масштаб	Длина данных
D 01 037		Идентификация и т. д. (наземная станция, местоположение с высокой точностью)			
D 01 001		Номер блока и станции ВМО			
	V 01 001	Номер блока ВМО	Число	0	2
	V 01 002	Номер станции ВМО	Число	0	3
	V 02 011	Тип радиозонда	К/т	0	3
	V 02 012	Расчетный метод для радиозондовых наблюдений	К/т	0	3
D 01 011		Дата			
	V 04 001	Год	Год	0	4
	V 04 002	Месяц	Месяц	0	2
	V 04 003	День	День	0	2
D 01 012		Время			
	V 04 004	Час	Час	0	2
	V 04 005	Минута	Минута	0	2
	V 04 006	Секунда	Секунда	0	2
D 01 022		Широта и долгота (высокая точность), высота станции			
	V 05 001	Широта с высокой точностью	°	5	7
	V 06 001	Долгота с высокой точностью	°	5	8
	V 07 001	Высота станции	м	0	5
D 02 049		Информация об облачности, сообщаемая с вертикальным			

Последовательность/ Вложенная последовательность	Дескриптор	Наименование	Единицы измерения	Масштаб	Длина данных
		зондированием			
	V 08 002	Вертикальная значимость (наземные наблюдения)	К/т	0	1
	V 20 011	Количество облаков (нижнего или среднего яруса N _h)	К/т	0	2
	V 20 013	Высота нижней границы облачности (h)	м	0	3
	V 20 012	Тип облачности (нижнего яруса CL)	К/т	0	2
	V 20 012	Тип облачности (среднего яруса CM)	К/т	0	2
	V 20 012	Тип облачности (верхнего яруса CH)	К/т	0	2
	V 08 002	Вертикальная значимость (= значение отсутствует)	К/т	0	2
R 01 000		Повторение с задержкой 1 дескриптора			
D 03 013		Данные о давлении, геопотенциале, температуре и ветре			
	V 07 004	Давление	Па	-1	5
	V 08 001	Признак значимости вертикального зондирования	Т/ф	0	3
	V 10 003	Геопотенциал	м ² ·с ⁻²	-1	6
	V 12 001	Температура	°С	1	3
	V 13 003	Относительная влажность	%	0	3
	V 11 001	Направление ветра	°	0	3
	V 11 002	Скорость ветра	м·с ⁻¹	1	4

Первая строка сообщения CREX это раздел указателя кодовой формы. Вторая строка с разделом описания данных уже подробно рассмотрена выше. В первой строке раздела данных приводятся данные, описываемые дескрипторами, входящими в последовательность D 01 037: индекс станции, код радиозонда/системы зондирования, метод обработки (код пропуска – в настоящее время кодовая таблица все еще не определена), действительные дата и время выпуска радиозонда, координаты станции (широта, долгота и высота над уровнем моря). Отметим, что значения широты 68.983° и долготы 33.117° в соответствии с таблицей 3 приведены в коде после умножения на 10^5 , так как для представления широты и долготы в таблице 3 (согласно описаниям дескрипторов В 05 001 и В 06 001 в таблицах классов 05 и 06 таблиц BUFR/CREX) указан масштаб 5. Все данные имеют длину, указанную для соответствующих величин в таблице 3, и дополнены слева нулями, если количество значащих цифр меньше заданного.

Необходимо отметить, что код радиозонда/системы зондирования в BUFR, как и в CREX определяется общей кодовой таблицей C-2, которая определяет коды для радиозонда/системы как для дескрипторов 0 02 011 BUFR и В 02 011 CREX, так и для кодовой таблицы 3685. При этом надо иметь в виду, что для кодовой таблицы 3685 определены коды от 0 до 99 и значение кодовых цифр, например, 29 нужно определять исходя из даты наблюдения – до 15.09.2011 они соответствуют МАРЗ-2-2 – Метеорит, а после – АК2-02 – МАРЛ-А или Вектор-М. Для дескрипторов ТОКФ для АК2-02 – МАРЛ-А или Вектор-М кодовая цифра $129 = 29+100$.

Во второй строке приводится информация об облачности. Дескриптор D 02 049 CREX содержит информацию, аналогичную разделу 8 (группа 41414) кода КН-04, ее кодирование подробно освещено в «Схеме транскодирования...». Последний элемент во второй строке раздела данных соответствует дескриптору R 01 000 и определяет количество повторений дескриптора D 03 013, т.е. количество уровней с результатами радиозондирования, приведенными в сообщении.

В следующих строках раздела данных приводятся собственно данные радиозондирования по уровням. Их сопоставление с содержимым файла 4.9.2011-11.30.ТАЕ03, из которого получено данное сообщение CREX, делает содержимое последнего практически прозрачным для понимания:

ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ТАЭ-3
НАЧАЛО НАБЛЮДЕНИЙ : 04.09.2011 11:30
КОНЕЦ НАБЛЮДЕНИЙ : 04.09.2011 13:01
ВЫСОТА СОЛНЦА : 26 ГРАД.
СИНОПТИЧЕСКИЙ ИНДЕКС СТАНЦИИ : 22113
КОД ОБЛАЧНОСТИ : 00900
ПРИЗЕМНАЯ ОШИБКА ТЕМПЕРАТУРЫ : 0.1 ГРАД.

ПРИЗЕМНАЯ ОШИБКА ВЛАЖНОСТИ : 7.1 %							
	H	P	T	U	D	V	TD
	0.12	1005.1	12.9	59	180	4	7.8
ИП	0.163	1000.0	11.4	65	190	4	6.3
T	0.36	976.1	8.8	69	223	4	5.5
	0.46	964.9	8.2	72	229	4	4.9
	0.50	960.3	8.2	72	228	4	4.9
ИП	0.811	925.0	4.8	82	222	4	3.0

В приведенном сообщении согласно описаниям соответствующих дескрипторов CREX давление указывается в десятках паскалей, геопотенциал указывается в десятках $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$ (для получения геопотенциала из значений геопотенциальной высоты последнюю необходимо умножить на значение стандартного ускорения свободного падения $9.80665 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$), температура указывается в десятых долях $^{\circ}\text{C}$, направление указывается в $^{\circ}$ и скорость ветра – в десятых долях $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Остановимся подробнее на элементе В 08 001 «Признак значимости вертикального зондирования», кодирование которого требует некоторых пояснений. CREX использует те же таблицы флагов, что и BUFR. Содержание таблицы флагов 0 08 001 следующее (биты нумеруются слева направо):

<u>Номер бита</u>	<u>Значение флага</u>
1	Уровень станции
2	Стандартная изобарическая поверхность
3	Уровень тропопаузы
4	Уровень максимального ветра
5	Особая точка, температура и/или относительная влажность
6	Особая точка, ветер
Все 7	Отсутствующее значение

В коде значения CREX, представленные таблицами флагов, кодируются с помощью восьмеричного представления следующим образом: набор из каждых трех битов, представляется цифрой от 0 до 7 (крайний слева бит является при этом самым верхним в таблице флагов), нули добавляются слева, когда количество флагов не является кратным 3:

000 = 0 (ни один бит не установлен)

001 = 1 (установлен бит 3)

010 = 2 (установлен бит 2)

011 = 3 (установлены биты 2 и 3)

100 = 4 (установлен бит 1)

101 = 5 (установлены биты 1 и 3)

110 = 6 (установлены биты 1 и 2)

111 = 7 (установлены все биты).

Таким образом:

- значение $V08001=146$ соответствует в двоичном представлении 0100 0110, т.е. установлены биты, соответствующие уровню поверхности, уровню особой точки по температуре и/или влажности и особой точки по ветру;
- значение $V08001=040$ соответствует в двоичном представлении 0010 0000, т.е. установлены бит, соответствующий уровню стандартной изобарической поверхности;
- значение $V08001=020$ соответствует в двоичном представлении 0001 0000, т.е. установлены бит, соответствующий уровню тропопаузы;
- значение $V08001=010$ соответствует в двоичном представлении 0000 1000, т.е. установлены бит, соответствующий уровню максимального ветра;
- значение $V08001=004$ соответствует в двоичном представлении 0000 0100, т.е. установлен бит, соответствующий уровню особой точки по температуре и/или влажности;
- значение $V08001=002$ соответствует в двоичном представлении 0000 0010, т.е. установлен бит, соответствующий уровню особой точки по ветру.

В случае, когда одному и тому же уровню соответствует несколько признаков, значение $V08001$ определяется комбинацией соответствующих бит. Так, если уровень тропопаузы является одновременно уровнем стандартной изобарической поверхности, уровнем максимального ветра и особой точки по ветру, соответствующая комбинация битов будет 0011 1010 и $V08001=072$.