

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Д. М. Курлович

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДЫ

Рекомендовано

Учебно-методическим объединением по естественнонаучному образованию
в качестве учебно-методического пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности 1-31 02 01 «География (по направлениям)»,
направление специальности 1-31 02 01-01 «География (гидрометеорология)»

МИНСК
БГУ
2013

УДК 551.509.31:004(075.8)
ББК 26.236с51я73
К93

Р е ц е н з е н т ы:
доктор географических наук, профессор *П. С. Лопух*;
кандидат географических наук *И. С. Пармасенок*

Курлович, Д. М.
К93 Геоинформационные методы анализа и прогнозирования погоды : учеб.-метод. пособие / Д. М. Курлович. — Минск : БГУ, 2013. — 191 с. : ил.
ISBN 978-985-518-912-2.

Рассмотрены основные функциональные возможности географических информационных систем, обеспечивающих анализ и прогнозирование погоды. Теоретический материал сопровождается вопросами для самопроверки и практическими заданиями в среде ГИС «Метео».

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 1-31 02 01 «География (по направлениям)», направление специальности 1-31 02 01-01 «География (гидрометеорология)».

УДК 551.509.31:004(075.8)
ББК 26.236с51я73

ISBN 978-985-518-912-2

© Курлович Д. М., 2013
© БГУ, 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Совместными усилиями специалистов по геоинформатике и гидрометеорологии создаются гидрометеорологические географические информационные системы (ГИС). Отличительная особенность работы с ними — быстро меняющиеся пространственные данные, а также использование многоканальной системы ввода исходной информации.

Учебно-методическое пособие подготовлено по дисциплине «Методы прогнозирования погоды», которая читается студентам II и III курсов географического факультета.

В первой главе показаны основные функциональные возможности ГИС по анализу и прогнозированию погоды, приводятся сведения о становлении и развитии ГИС-методов в данной области, программном обеспечении. Вторая глава знакомит с основными моделями представления пространственных данных в ГИС, которые применимы для визуализации гидрометеорологических объектов, явлений и процессов. В третьей главе изложены главные методы ГИС-анализа и прогнозирования погоды. Основные возможности, интерфейс, объекты и режимы работы программного комплекса ГИС «Метео» как примера комплексной геоинформационной среды, предназначеннной для полноценной работы специалиста-гидрометеоролога, представлены в четвертой главе. Пятая глава содержит практические задания по анализу и прогнозированию погоды в среде ГИС «Метео».

Автор выражает глубокую благодарность доктору географических наук, профессору, заведующему кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии географического факультета БГУ П. С. Лопуху и кандидату географических наук, ведущему инженеру ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» И. С. Парласенок за ценные рекомендации по улучшению содержания данного учебно-методического пособия.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АРМ — автоматизированное рабочее место

АТ — абсолютная топография

БГД — база геоданных

БД — база данных

ВМО — Всемирная метеорологическая организация

ГИС — географические информационные системы

ГРИБ (GRIB, GRIdded Binary or General Regularly-distributed Information in Binary form), ГРИД (GRID, от англ. grid — сетка, решетка) — математические форматы данных, обычно используемые в метеорологии для хранения прогнозируемых данных о погоде

ДДЗ — данные дистанционного зондирования

ИСЗ — искусственный спутник Земли

КС — космические снимки

ЛАССО — локальные автоматизированные средства общей системы обработки оперативных данных

МБД — метеорологическая база данных

ММЦ — Мировой метеорологический центр

МСВ (UTC) — Международное скоординированное время

ОТ — относительная топография

ПК — программный комплекс

ЭВМ — электронная вычислительная машина

1. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПО АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОГОДЫ

1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ, КОМПОНЕНТЫ, ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ, КЛАССИФИКАЦИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ. ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ДЛЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В последние несколько десятилетий широкое распространение получил особый класс информационных систем — *географические информационные системы*. ГИС представляют собой информационные системы, обеспечивающие сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных [10].

Область ГИС очень быстро развивается и захватывает все новые и новые сферы жизни и деятельности человека. Следует отметить, что геоинформационные системы стали играть существенную роль в различных научных и прикладных сферах, в том числе и не связанных с географической наукой. Причин такого успеха ГИС несколько [27]:

- большая эффективность решения сложных проблем средствами ГИС;
- огромное множество областей применения ГИС, так как указанные системы оперируют пространственными данными, являющимися частью нашей повседневной жизни;
- доступность для массового пользователя мощных персональных компьютеров, а также сложного программного обеспечения ГИС, снабженного удобным пользовательским интерфейсом.

В последние десятилетия геоинформационные системы достигли в развитии уровня коммерциализации. В настоящее время сформировалась ГИС-индустрия, оборот которой измеряется миллиардами долларов США. В ГИС-движение вовлечены миллионы пользователей практически во всех странах мира, которые образуют ГИС-сообщество. Геоинформационные

системы влияют на многие аспекты нашей жизни — образование, бизнес, производство, научную деятельность и т. д.

Особенностью гидрометеорологических ГИС является необходимость работы с быстро изменяющимися данными. Это обусловлено тем, что текущая информация в ГИС поступает из всех гидрометеорологических подразделений в течение ближайшего времени после срока наблюдений. Еще одна характерная особенность таких ГИС — многоканальная система ввода информации (проводная, телефонная, спутниковая и т. п.). Таким образом, перед гидрометеорологическими ГИС стоят задачи приема, обработки, накопления и визуализации большого объема информации в оперативном режиме [8].

Любая ГИС должна содержать в себе ряд обязательных **компонентов** (рис. 1.1).

Эффективная работа современных ГИС возможна только на основе мощной компьютерной системы. *Аппаратные средства ГИС* — это отдельные компьютеры или сеть компьютеров, а также устройства ввода-вывода информации, к которым относят принтеры, плоттеры, сканеры, дигитайзеры и др.

Аппаратные средства ГИС должны обеспечивать ряд операций:

- ввод в ГИС разнородной пространственной информации, полученной из различных источников (планово-карографические материалы, аэро- и космосъемка, лазарная и сонарная съемки, системы спутникового позиционирования, геодезическая съемка, системы автоматизированного проектирования, базы данных и др.);
- хранение больших массивов пространственных данных в различных форматах их цифрового представления;
- выполнение сложных операций ГИС-анализа и моделирования;
- качественное представление данных в цифровой форме или на бумажных носителях.

Программное обеспечение ГИС включает системное программное обеспечение компьютерной системы (операционная система и др.) и про-

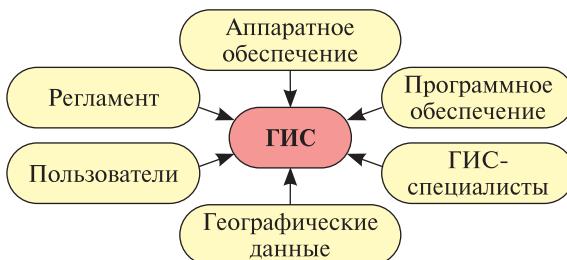


Рис. 1.1. Компоненты ГИС [27]

граммное средство ГИС, которое может быть представлено совокупностью программных продуктов, реализующих отдельные функции. Однако, если базовый программный продукт не выполняет все основные функции ГИС, он рассматривается как специализированное ГИС-приложение, предназначенное для удовлетворения специфических запросов пользователей.

Как отмечалось, геоинформационные системы оперируют пространственными данными. *Геоданные* — это любые объекты, явления или процессы, локализованные в пространстве. В ГИС они состоят из двух взаимосвязанных частей:

- 1) пространственные данные, описывающие местоположение и геометрию геообъекта;
- 2) атрибутивные данные, определяющие качественные и количественные характеристики геообъекта.

Геоинформационное образование является совокупностью знаний геоинформационной науки. *Специалист по ГИС*, по мнению Консорциума университетов для географической информационной науки, должен владеть знаниями, умениями и навыками в рамках следующих блоков [27]:

- концептуальные основы ГИС;
- организационные и институциональные аспекты;
- особенности геопространственных данных;
- аспекты проектирования ГИС;
- обработка данных;
- аналитические методы;
- геовычисления;
- картография и визуализация;
- моделирование данных;
- ГИС и общество.

Регламент ГИС определяет правила организации данных, информационной деятельности и технологии работ, а также требует использования ряда стандартов. Стандарты регламентируют определение, хранение, использование и перемещение данных между системами и приложениями. Они обеспечивают оптимальный баланс между совместным и индивидуальным использованием данных посредством определения минимальных требований для обмена ими [27].

Работа ГИС невозможна также и без *пользователей*, имеющих базовую подготовку для изучения земного пространства с помощью геоинформационных приложений.

В общем виде базовые *функциональные возможности* любой ГИС должны обеспечивать следующие подсистемы [1, 11, 12]:

- 1) сбор, подготовка и ввод геоданных (формирование баз данных);
- 2) хранение, обновление и управление геоданными (организация хранения данных, обеспечение процедур их редактирования и обновления,

обслуживание поступающих в систему запросов по информационному поиску);

3) обработка, моделирование и анализ геоданных (организация обработки данных, обеспечение процедур их преобразования, математического ГИС-моделирования и анализа);

4) контроль, визуализация и вывод геоданных (генерация и оформление результатов работы системы в виде карт, графических изображений, таблиц, графиков, диаграмм и т. д.).

Специфическими функциями, посредством которых ГИС выделяется в особый класс информационных систем, являются интегрирование, анализ и визуализация географической информации [27].

В идеологии ГИС заложена идея интегрирования. Геоинформационные системы отличаются от других информационных систем именно тем, что обладают эффективными возможностями *интегрирования разнoplановой пространственной информации*, связанной с реальным земным пространством. Это означает, что любые данные могут быть совмещены в одну систему, если они имеют пространственную привязку в системе координат.

ГИС интегрирует не только данные, но и передовые информационные технологии. Методологический аппарат таких направлений, как цифровая картография, проектирование баз данных, геодезия и топография, спутниковое позиционирование, дистанционное зондирование Земли, Web-картография и др., расширяют возможности ГИС и, кроме того, определяют будущую стратегию развития отдельных направлений ГИС [27].

Геоинформационные системы отличаются от других информационных систем тем, что обладают эффективными возможностями *анализа и моделирования пространственных объектов, явлений и процессов*. Следует отметить, что пространственный анализ часто называют «сердцем» ГИС. Развитые ГИС имеют богатый набор средств для его выполнения. Аналитические возможности ГИС позволяют получить ответы на множество пространственных запросов, решить большое количество пространственных задач в разных предметных областях [14].

ГИС имеет мощный инструмент *визуализации информации* [22]. Пространственная информация отображается посредством картографических изображений, диаграмм, графиков и т. д., оформленных богатым арсеналом изобразительных средств, адаптированных для удобного восприятия этих данных. Цифровые объекты карты могут быть отображены или напечатаны в любой комбинации и фактически в любом масштабе карты. Это свойство делает ГИС-проекты более гибкими по сравнению со «статичными» традиционными бумажными картами.

Географические информационные системы можно *классифицировать* по следующим признакам [9]:

- пространственный охват (рис. 1.2);
- объект информационного моделирования (рис. 1.3);
- предметная область информационного моделирования (рис. 1.4);
- проблемная ориентация (рис. 1.5);
- функциональные возможности (рис. 1.6);
- уровень управления (рис. 1.7).



Рис. 1.2. Классификация ГИС по пространственному охвату



Рис. 1.3. Классификация ГИС по объекту информационного моделирования



Рис. 1.4. Классификация ГИС по предметной области информационного моделирования



Рис. 1.5. Классификация ГИС по проблемной ориентации



Рис. 1.6. Классификация ГИС по функциональности



Рис. 1.7. Классификация ГИС по уровню управления

Основными источниками данных для ГИС являются:

- планово-картографические материалы;
- данные дистанционного зондирования Земли, полученные в результате аэро- и космосъемок, лазарной и сонарной съемок;
- геодезические измерения;
- данные систем спутникового позиционирования;
- материалы систем автоматизированного проектирования;
- базы данных текстовой и количественной информации;
- базы геоданных.

1.2. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДЫ

В формировании ГИС-методов анализа и прогнозирования погоды можно выделить три основных этапа [9, 11]:

- пионерный период (1960-е гг.);
- период государственных инициатив (1970-е гг.);
- период коммерческого развития (1980-е гг. — настоящее время).

Пионерный период развивался на фоне успехов компьютерных технологий (появление электронных вычислительных машин, цифрователей, плоттеров, графических дисплеев и других периферийных устройств) при одновременном, часто независимом друг от друга, создании программных алгоритмов и процедур графического отображения информации на дисплеях и с помощью плоттеров, формальных методов пространственного анализа, программных средств управления базами данных. Возникновение и бурное развитие ГИС было обусловлено богатым опытом топографического и особенно тематического картографирования, успешными попытками автоматизировать картосоставительский процесс, а также революционными достижениями в области компьютерных технологий, информатики и компьютерной графики.

На данном этапе было предложено [9]:

- использование сканирования для автоматизации процесса ввода геоданных;
- расчленение картографической информации на тематические слои и разработка концептуального решения о «таблицах атрибутивных данных», что позволило разделить файлы плановой (геометрической) геоинформации о местоположении объектов и файлы, включающие тематическую информацию об этих объектах;
- функции и алгоритмы оверлейных операций с полигонами, подсчет площадей и других картометрических показателей.

В этот период сформировалось понятие пространственных объектов, описываемых позиционными и непозиционными атрибутами. Оформились две альтернативные линии представления — растровые и векторные, включая топологические линейно-узловые представления. Чуть позже создана технология массового цифрования карт. Поставлены и решены задачи, образующие ядро геоинформационных технологий: наложение (оверлей) разноименных слоев, генерация буферных зон, полигонов Тиссена и иные операции манипулирования пространственными данными, включая определения принадлежности точки полигону и операции вычислительной геометрии в целом.

Следует отметить, что в течение данного периода осуществлялось ручное составление синоптических и аэрологических карт на местах [8].

Закодированные данные передавались по проводам и радио. Техники-синоптики в каждом прогностическом подразделении расшифровывали телеграммы и наносили информацию на синоптическую карту. На это затрачивалось много времени, и, кроме того, встречались ошибки нанесения, вызванные исключительно субъективными факторами. С внедрением в конце 1960-х гг. централизованных передач синоптических карт по факсимильным каналам связи исчезла необходимость изготовления карт в местных подразделениях. Значительно ускорилась подготовка карт при появлении ЭВМ и автоматических устройств нанесения данных и формирования изолиний. Главное преимущество такого способа — возможность передачи и фактических, и прогностических карт погоды в частично обработанном виде. Однако большие объемы диагностической и прогностической информации, передаваемой из ведущих центров в другие центры, приводили к перегрузке каналов связи.

В *период государственных инициатив*, в начале 1970-х гг., началась разработка взаимодействия методов и средств геоинформатики с цифровыми методами картографирования и автоматизированной картографией [9]. ГИС в современном их понимании развивались на базе информационно-поисковых систем, позднее приобретая функции картографических банков данных с возможностью моделирования и анализа данных. Большинство ГИС этого периода включают в свои задачи создание карт и используют картографический материал как источник данных.

Развитие информационных измерительных систем позволило в рамках данного периода получать новые виды информации для целей анализа и прогнозирования погоды (космоснимки, данные метеолокаторов и др.). Передача этих данных в ведущие вычислительные центры требовала внедрения там мощных ЭВМ, позволяющих производить качественную и оперативную обработку информации [8].

Период коммерческого развития наступает в 1980-е гг., когда отдельные компьютерные программные пакеты по обработке данных, подготовке текстов или карт трансформируются в единую увязанную систему, способную помочь человеку в принятии ответственных решений [9]. В это же время создаются компьютерные локальные и глобальные сети, революционно изменившие доступ к базам данных. Персональные компьютеры в ряде организаций уже вытесняются рабочими станциями. Отмечается быстрое развитие ГИС. Разработка коммерческих программных средств ГИС, связанная в немалой степени с возможностями мини- и микроконфигураций вычислительных средств, а позже и персональных ЭВМ, существенно меняет всю геоинформационную индустрию, появление которой связывается именно с этим периодом. Создание ГИС стало основываться не на уникальных программных и аппаратных средствах собственной

разработки, а на адаптации функциональных возможностей универсальных программных продуктов к анализируемым проблемам. Именно это время стало периодом создания ГИС на базе персональных компьютеров.

Одним из ярких примеров этого периода является появление наиболее популярного в мире программного обеспечения ARC/INFO в Институте изучения систем окружающей среды (ESRI, Inc.) США, к созданию которого привело соединение стандартной реляционной системы управления базами данных (INFO) с программой (ARC) [11]. На сегодня данное программное обеспечение переросло в программный комплекс ArcGIS — мощное средство для ГИС-картографирования, в том числе и гидрометеорологических объектов, процессов и явлений [18].

Именно в данный период происходит широкое внедрение ГИС в сферу анализа и прогнозирования погоды.

В настоящее время работу с гидрометеорологической информацией выполняют локальные автоматизированные средства общей системы обработки оперативных данных (ЛАССО). Это распределенная система, предназначенная для оперативной обработки гидрометеорологической продукции, которая включает в себя следующие элементы технологической обработки [21]:

- прием информации от различных источников;
- дешифровка и форматирование данных;
- поддержка информационных баз данных;
- средства оперативного доступа к информации: автоматизированные рабочие места (АРМ).

Использование современных технологий построения вычислительных сетей предоставляет возможность организации различных комбинаций отдельных комплексов ЛАССО, включая удаленные АРМ, устанавливаемые в оперативных подразделениях гидрометеослужбы. Внедрение ЛАССО и АРМ с программными средствами ГИС в практику работы прогностических подразделений обуславливает следующие преимущества [8]:

1) увеличение экономического эффекта за счет снижения затрат на содержание технического персонала и обслуживание технических устройств;

2) расширение количества и сокращение времени поступления к специалисту фактической и прогностической информации в удобном для просмотра и анализа виде;

3) экономия времени синоптика за счет автоматической обработки карт погоды, что позволяет ему уделять анализу больше внимания;

4) быстрый доступ к данным прогностических центров всего мира;

5) использование большого числа методов расчета прогностических параметров, поставляемых в составе программных средств ГИС, и воз-

можность запрограммировать локальные методы, применяемые в конкретном подразделении;

6) передача оперативной информации потребителям в электронном виде.

Отдельные недостатки при работе специалиста с продукцией, подготовленной автоматически, носят чисто субъективный характер и касаются формализации анализа развития атмосферных процессов и проведения линий атмосферных фронтов [2, 3].

1.3. РЫНОК ПРОГРАММНОГО ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДЫ

Высокая востребованность геоинформационных технологий привела к тому, что сегодня на мировом рынке действуют десятки организаций и фирм, распространяющих программное обеспечение ГИС, необходимое для анализа и прогнозирования погоды. Можно выделить несколько классов программного обеспечения, различающихся по функциональным возможностям и технологическим этапам обработки геоинформации. Однако при этом следует различать системы, свободно распространяемые, распространяемые коммерчески, и специальные разработки, выполненные под индивидуальные проекты и не обладающие необходимой универсальностью, поддержкой развития, изданной и популярно написанной документацией и рядом других свойств, характерных для рыночного товара.

Программные средства ГИС по функциональным возможностям делятся на пять основных используемых классов.

Первый, наиболее функционально полный, класс программного обеспечения — это *инструментальные ГИС*. Они могут быть предназначены для самых разнообразных задач: для организации ввода информации (как картографической, так и атрибутивной), ее хранения (в том числе и распределенного, поддерживающего сетевую работу), отработки сложных информационных запросов, решения пространственных аналитических задач, построения производных карт и планов и, наконец, для подготовки к выводу на твердый носитель оригинал-макетов картографической продукции. Как правило, инструментальные ГИС поддерживают работу как с растровыми, так и с векторными изображениями, имеют встроенную базу данных для цифровой основы и атрибутивной информации или поддерживают для хранения атрибутивной информации одну из распространенных баз данных (Paradox, Access, Oracle и др.). Среди инструментальных ГИС можно выделить программные продукты компаний ESRI, США (*ArcView GIS*, *ARC/INFO Workstation*, *ArcGIS*), а также *AutoCAD Map*

(Autodesk, США), *MapInfo Professional* (MapInfo Corporation, США), ГИС *Карта 2011* (Панорама, Россия), *GeoDraw/GeoGraph* (Центр геоинформационных исследований Института географии Российской академии наук, Россия) и др.

Второй важный класс — так называемые **ГИС-вьюверы**, т. е. программные продукты, обеспечивающие пользование созданными с помощью инструментальных ГИС базами геоданных. Как правило, ГИС-вьюверы предоставляют пользователю крайне ограниченные возможности пополнения баз данных. Во все ГИС-вьюверы включается инструментарий запросов к базам данных, выполнения операции позиционирования и суммирования картографических изображений. Вьюверы являются составной частью средних и крупных проектов, позволяя экономить затраты на создание части рабочих мест, не наделенных правами пополнения БГД. Большинство вьюверов позволяет организовать вывод оформленного картографического планшета на твердый носитель. Наиболее распространенным вьюверным продуктом является *ArcReader* (ESRI, США). Менее распространены *VistaMap* (Intergraph, США), *WinMAP* (PROGIS, Германия) и др.

Третий класс — это **программные средства предобработки и дешифрирования ДДЗ Земли**. Сюда относятся пакеты обработки изображений, снабженные в зависимости от цены различным математическим аппаратом, позволяющим проводить операции со сканированными или записанными в цифровой форме снимками поверхности Земли. Это довольно широкий набор операций, начиная со всех видов коррекций, через географическую привязку снимков, вплоть до автоматизированного дешифрирования земель. Среди данных ГИС-продуктов следует отметить *ERDAS Imagine*, *ERDAS ER Mapper*, *Image Analysis for ArcGIS*, *Stereo Analyst for ArcGIS* (ERDAS, США), *ENVI* (ITT Visual Information Solutions, США), *IDRISI Taiga GIS* (Clark Labs, Clark University, США), *MultiSpec* (Purdue Research Foundation и др., США), *PHOTOMOD* (Ракурс, Россия) и др.

Четвертый класс — **программы-векторизаторы**. Данные ГИС-пакеты специализируются на сканировании, сшивке и коррекции бумажных планово-картиографических материалов с последующей векторизацией их содержимого в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Примерами данных программных продуктов являются *AutoCAD Raster Design* (Autodesk, США), *Easy Trace* (Easy Trace Group, Россия), *ArcScan for ArcGIS* (ESRI, США), *MapEDIT* (Резидент, Россия), *Spotlight/Spotlight Pro* (Consistent Software, Россия), *Панорама-редактор* (Панорама, Россия) и др.

Пятый класс — **специализированные программные средства по анализу и прогнозированию погоды**. Данные пакеты предназначены для организации оперативной работы гидрометеорологов. В странах СНГ наиболее распространен программный комплекс ГИС «*Meteo*» (НПЦ «Меп Мей-

кер», Россия), выполняющий прием, обработку, накопление и отображение гидрометеорологических данных. Автоматизированное рабочее место гидрометеоролога полностью обеспечивает дежурного прогнозиста всеми необходимыми картами в электронном виде и позволяет отменить прием аналогичной продукции по факсимильным каналам.

Вопросы и задания

1. Что понимается под географическими информационными системами? Каковы отличительные особенности гидрометеорологических ГИС?
2. Перечислите основные компоненты и функциональные возможности ГИС.
3. По каким признакам классифицируют ГИС?
4. Обозначьте источники данных для ГИС.
5. Каковы основные этапы становления и развития ГИС-методов анализа и прогнозирования погоды? Дайте их краткую характеристику.
6. На какие группы по функциональным возможностям подразделяются программные средства ГИС?

2. ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГИС

2.1. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Географические информационные системы выполняют (с помощью аппаратно-программных средств компьютерной системы) визуализацию, анализ и моделирование реального географического пространства, состоящего из отдельных *геообъектов* (например, здание метеостанции, поле температур, циклон, опасное метеорологическое явление и др.).

По особенностям локализации в рамках геопространства различают следующие виды геообъектов: дискретные, непрерывные и обобщенные по площади [14, 28].

Дискретные геообъекты — это отдельные объекты реального земного пространства, имеющие однозначное локализованное в пространстве местоположение и четкие границы. Они могут находиться в определенной части пространства либо отсутствовать. В качестве примера таких объектов могут выступать отдельные метеостанции, гидропосты, реки, озера, города, страны и др.

Непрерывные геообъекты (поля, поверхности) распространены в рамках всего географического пространства. Такие параметры, как рельеф суши

и мирового океана, температура воздуха, атмосферное давление и другие, могут быть зафиксированы в любом месте земного шара.

Геообъекты, обобщенные по площади, представляют собой математико-статистические обобщения концентраций отдельных объектов в пределах определенной территории, имеющей четко определенные границы в рамках административных районов, единиц физико- или экономико-географического районирования и т. д. Примерами таких геообъектов могут служить: густота речной сети в рамках административных районов, озерность физико-географической провинции, средняя температура воздуха по стране и др.

По геометрии географические объекты подразделяются на элементарные, составные и сложные [27].

Элементарный объект не имеет составных частей (например, здание гидропоста). *Составной объект* образуется группой элементарных объектов, имеющих тесную пространственную взаимосвязь (например, речная система, состоящая из главной реки и ее притоков). *Сложный объект* образуется группой объектов (элементарных или составных), имеющих логическую пространственную взаимосвязь (например, озера, входящие в определенную озерную группу).

По форме существования географические объекты подразделяются на материальные (реальные) и абстрактные (виртуальные) [27].

Материальные географические объекты, явления и процессы могут восприниматься непосредственно с помощью органов чувств либо опосредованно с применением специальных приборов. *Абстрактные* объекты могут отсутствовать в реальности, например, геообъекты, имевшие место в прошлом, геообъекты, существование которых предполагается в будущем, воображаемые (границы, изобары, изотермы и т. п.).

Геообъекты в ГИС определяются *единством пространственных, атрибутивных и временных характеристик* [11, 22, 27].

Пространственные характеристики геообъектов представляют собой сведения об их местоположении и геометрии. Описание местоположения нередко называют позиционным, поскольку оно определяет их в рамках географической или проекционной системы координат. Геометрия позволяет судить о форме, размерах и пространственных отношениях геообъектов, явлений, процессов в реальном земном пространстве.

Атрибутивные характеристики — это количественные и качественные данные, характеризующие геообъекты. Они хранятся в таблице атрибутов ГИС-слоя и неразрывно связаны с его пространственной составляющей.

Временные характеристики фиксируют время исследований геообъекта и показывают изменение его свойств с течением времени. Основное требование, предъявляемое в ГИС к временным данным, — их актуальность.

В ГИС геообъекты могут быть представлены следующими наиболее распространенными компьютерными *моделями*:

- растровая;
- векторная;
- GRID;
- TIN.

2.2. РАСТРОВАЯ МОДЕЛЬ

Растровая модель географических данных — это способ представления географических данных в базе данных ГИС в виде равномерной ячеистой структуры, формирующей прямоугольную матрицу, в которой каждый элемент (пиксел) принимает определенное значение цвета, присущее реальному пространственному объекту или же ассоциированное с ним либо классом, в который он входит [11] (рис. 2.1).

Растровые изображения создаются в результате *цифрового фотографирования* (аэрофото- и космоснимки) или *сканирования* (бумажные планово-карографические материалы).

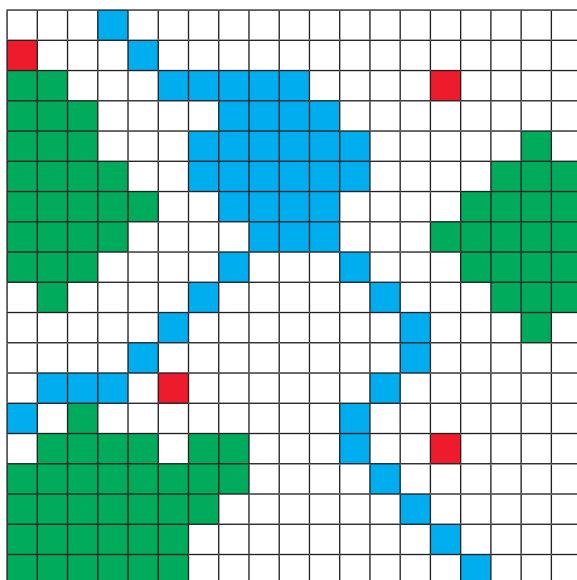


Рис. 2.1. Растровое представление точечных (показаны красным цветом), линейных (синим) и полигональных (зеленым) географических объектов

Для данной модели характерно то, что в ней территория разбита на элементы (пиксели), при этом каждый пиксель содержит значение цвета. Эта величина может, например, выражать яркость земной поверхности (для данных дистанционного зондирования) или быть признаком принадлежности к тому или иному типу (классу) объектов (для бумажных карт, переведенных в растровый формат в процессе сканирования).

При работе с растрами в ГИС необходимо различать понятия полноцветных, полутоновых и битовых изображений (рис. 2.2–2.4).

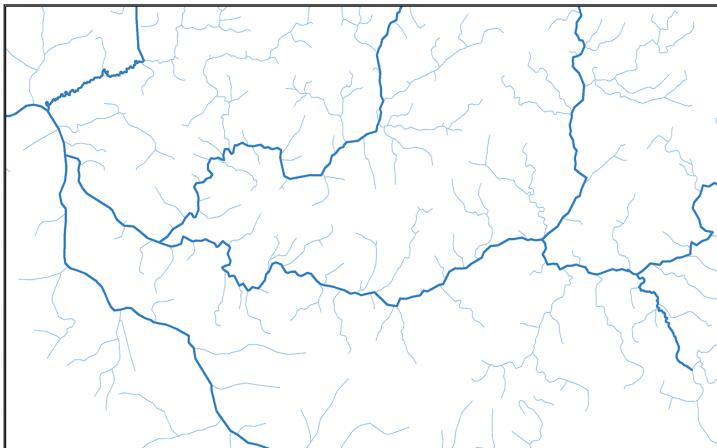


Рис. 2.2. Пример полноцветного растрового изображения

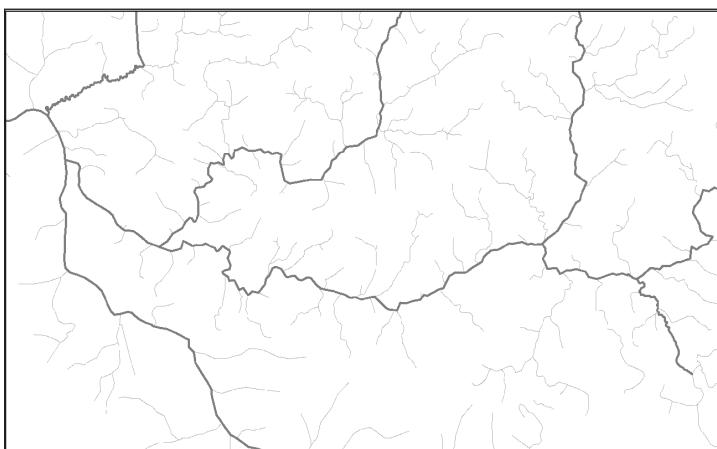


Рис. 2.3. Пример полутонового растрового изображения

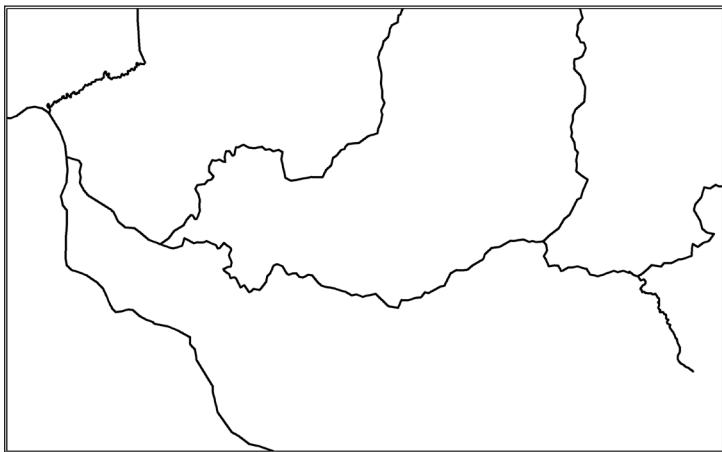


Рис. 2.4. Пример битового растрового изображения

К **полноцветным** относятся изображения с глубиной цвета не менее 24 бит, т. е. каждый пиксель (отдельная часть растрового изображения, имеющая свой определенный цвет) кодируется как минимум 24 битами, что дает возможность отобразить не менее 16,7 млн оттенков.

Пиксель **полутонового** изображения кодируется 8 битами (они составляют 1 байт). Цветовые характеристики данного изображения могут принимать 256 различных оттенков полутоновой шкалы (шкалы оттенков серого цвета).

В **битовых** изображениях на каждый пиксель отводится один бит информации. Таким образом кодируют два цвета: черный и белый.

Растровые изображения используются в ГИС для ручной, полуавтоматической и автоматической **векторизации** (т. е. перевода их из растрового в векторный формат цифрового представления пространственной информации). Это тот случай, когда информацию, отображенную на бумажных картах, после сканирования этих материалов необходимо сразу конвертировать в удобный ГИС-формат для использования в последующем ГИС-анализе. Полнотетные и полутоновые изображения пригодны только для ручной и полуавтоматической оцифровки, что достаточно трудоемко. Битовые изображения возможно векторизовать в автоматическом режиме. В данном случае программа-векторизатор распознает черный цвет и переводит его в векторный формат. Белый цвет воспринимается как фон.

Растровые модели имеют ряд **характеристик**, таких как разрешение, значение цвета пикселя, система координат и др. [27].

Разрешение — это размер наименьшего из различимых участков растра, отображаемый одним пикселом. Более высоким разрешением обладает растр с меньшим размером пикселя. Высокое разрешение подразумевает обилие деталей, множество пикселей, минимальный их размер. Разрешение выражают в следующих единицах:

- ppi (pixel per inch) — количество пикселей на дюйм;
- dpi (dot per inch) — количество точек на дюйм;
- lpi (line per inch) — количество линий на дюйм.

Любой растр, так же как и его отдельный пикセル, имеет прямоугольную форму. Такая простая структура растровой модели позволяет достаточно легко скоординировать его в реальной *системе координат*. Для раstra вводится левая система координат, т. е. за начало ее отсчета принимают центр верхнего левого пикселя. Ориентирование определяется углом поворота раstra относительно выбранной системы координат, а протяженность — размером пикселя.

Для описания *цвета пикселя* используются различные математические модели, называемые *цветовыми*. В каждой цветовой модели определенны диапазон цветов представляют в виде 3D-пространства. В нем каждый цвет существует в виде набора числовых координат. Этот метод дает возможность распространять цветовую информацию раstra между компьютерами, программами и периферийными устройствами.

Цветовые модели могут быть аппаратно-зависимыми (модели RGB и CMYK и HSB) и аппаратно-независимыми (модель Lab). В большинстве программ по работе с растровой графикой можно преобразовывать изображение из одной цветовой модели в другую. К основным цветовым моделям относят [26]:

- RGB;
- CMYK;
- HSB;
- Lab.

RGB (аббревиатура английских слов red, green, blue — красный, зеленый, синий) — аддитивная цветовая модель. Выбор основных цветов обусловлен особенностями физиологии восприятия цвета сетчаткой человеческого глаза. Аддитивной (англ. addition) она называется потому, что цвета получаются путем добавления к черному. Она основана на трех основных (базовых) цветах: красный (red), зеленый (green) и синий (blue). Остальные цвета получаются сочетанием базовых. Сочетание зеленого и красного дает желтый цвет, сочетание зеленого и синего — голубой, а сочетание всех трех цветов — белый. В модели RGB количество каждого компонента измеряется числом от 0 до 255, т. е. имеет 256 градаций. Цветовые компоненты иначе называются каналами.

В цвета модели CMYK окрашено все, что не светится собственным светом. Окрашенные несветящиеся объекты поглощают часть спектра белого света, их освещдающего. В зависимости от того, в какой области спектра происходит поглощение, объекты окрашены в разные цвета.

Цвета, которые сами не излучают, а используют белый свет, вычитая из него определенные цвета, называются субтрактивными («вычитательными»). В этой модели основные цвета образуются путем отнимания из белого цвета основных аддитивных цветов модели RGB. CMYK — четырехканальная цветовая модель. С — это cyan (голубой), M — magenta (пурпурный), Y — yellow (желтый), а K — key color (ключевой цвет — черный).

Цветовая модель HSB является наиболее простой для понимания. Кроме того, она равно применима и для аддитивных, и для субстративных цветов. HSB — трехканальная модель цвета. Она получила название по первым буквам английских слов: цветовой тон (hue), насыщенность (saturation) и яркость (brightness).

Цветовой тон характеризуется положением на цветовом круге и определяется величиной угла в диапазоне от 0 до 360°.

Насыщенность — это параметр цвета, определяющий его чистоту (процент добавления к цвету белой краски). Если по краю цветового круга располагаются максимально насыщенные цвета (100 %), то остается только уменьшать их насыщенность до минимума (0 %). Цвет с уменьшением насыщенности осветляется, как будто к нему прибавляют белую краску. При значении насыщенности 0 % любой цвет становится белым.

Яркость — это параметр цвета, определяющий его затемненность (процент добавления черной краски). Все цвета рассмотренного выше цветового круга имеют максимальную яркость — 100 %. Яркость можно уменьшить до минимума — 0 %. Это означает затемнение цвета, иными словами, добавление в него определенного процента черной краски.

Lab — трехканальная цветовая модель, созданная Международной комиссией по освещению с целью преодоления существенных недостатков моделей RGB, CMYK, HSB. Lab призвана стать аппаратно-независимой моделью и определять цвета без учета особенности периферийных устройств — монитора, принтера, плоттера и др.

Любой цвет данной модели определяется: светлотой (L) и двумя компонентами — параметром «a», который изменяется в диапазоне от зеленого до красного, и параметром «b», варьирующим в диапазоне от синего до желтого.

Формат — это способ расположения или представления данных в памяти компьютерной системы, базе данных, документе или на внешнем носителе. Формат представляет собой способ цифровой реализации раstra, зависящий от конкретного программного обеспечения, либо

средство стандартизации или обмена данными [27]. Для хранения растровых данных наиболее часто используются такие форматы, как *.tif, *.bmp, *.jpg и др.

TIFF (Tagged Image File Format) — это платформенно независимый формат раstra, предназначенный для обмена изображениями высокого качества между настольными издательскими системами и связанными с ними приложениями. Предполагает два варианта: основной и расширенный. Многочисленные расширения формата принимают форму дополнительных тегов в структуре файла. TIFF считается одним из лучших форматов для изображений — он компактен и хорошо оперирует черно-белыми и цветными изображениями, а также изображениями в градациях серого.

BMP (Bit Map Picture) — простой и широко распространенный формат для хранения растровых изображений, разработанный фирмой Microsoft.

JPEG (Joint Photographic Experts Group) — представляет собой сжатый BMP. Позволяет передавать до 16 млн цветов с глубиной пикселя до 32 бит. Несмотря на медленную программную распаковку и упаковку обеспечивает наилучшее сжатие за счет кодирования с большими потерями.

К *достоинствам* растровых моделей относят [11]:

- простую структуру данных (каждый пиксель независим друг от друга);
- техническую готовность внешних устройств (сканеров, видеокамер, цифровых фотоаппаратов) для создания растровых изображений;
- фотorealистичность (подразумевающую под собой возможность отображения на растре таких эффектов, как, например, туман, дымка, создание перспективной глубины и тончайших нюансов цвета и т. д.);
- возможность использования растров для визуального и автоматизированного дешифрирования объектов земной поверхности, а также при ГИС-анализе.

К *недостаткам* растров можно отнести [11]:

- значительный их объем, сказывающийся на скорости обработки растров и времени вывода их на экран на компьютерах с небольшими объемами оперативной памяти;
- трансформация растров в результате их поворотов, наклонов, изменения размеров и других действий, выполняемых при геопривязке;
- невозможность значительного увеличения растровых изображений для рассмотрения отдельных их деталей (пикселизация).

При сканировании или цифровом фотографировании растровое изображение получает условную систему координат. Это не позволяет сразу использовать его в среде ГИС.

Для связи условной системы координат раstra с реальной географической или проекционной в ГИС существует специальный алгоритм,

называемый *геопривязкой*. Геопривязка выравнивает опорные точки в непривязанном растровом изображении по соответствующим точкам привязанного ГИС-слоя (рис. 2.5). Если было сопоставлено правильно достаточное количество контрольных точек (обычно четыре или больше), местоположение раstra переносится в реальное координатное пространство.

При регистрации растрового изображения по опорным точкам в координатном геопространстве выполняется создание *файла координатной привязки* (мирового файла, World File) [11]. Он представляет собой текстовый файл формата ASCII. С ним геопривязанный растр в ГИС будет выводиться в реальных координатах и окажется правильно ориентирован относительно других геоданных.

Файл координатной привязки связан с растровым изображением следующим соглашением об именах. Если имя файла раstra имеет 3-символьное расширение (например, image.tif, image.bmp), то файл привязки будет иметь то же самое имя, а расширение будет содержать первый и последний символы расширения изображения и заканчиваться символом «w». Например, image.tfw, image.bpw.

Для полного описания отношений условных и реальных координат раstra достаточно 6 параметров (рис. 2.6) [11]:

- A — размер пикселя по оси X ;
- B — отрицательный размер пикселя по оси Y ;
- C, D — параметры поворота;
- E, F — X - , Y -координаты центра верхнего левого пикселя.

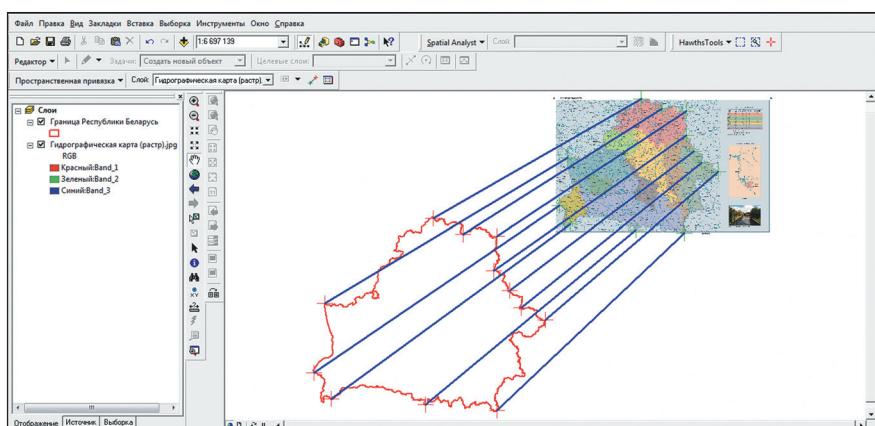


Рис. 2.5. Процесс геопривязки раstra по опорным точкам

Минск.igw	
8.4742712039673282	; A
-0.44920126307195402	; C
-0.43231659432837194	; D
-8.5145688495320613	; B
523244.42978864338	; E
5983480.765047228	; F

Рис. 2.6. Структура файла геопривязки

Отрицательное значение размера пикселя по оси Y объясняется разницей между началом координат изображения и географической системы координат. В изображении начало находится в левом верхнем углу, в географической системе координат — в левом нижнем.

2.3. ВЕКТОРНАЯ МОДЕЛЬ

Вектор определяется как отрезок прямой, имеющий определенное направление. Его характеризуют следующие параметры: начало, конец, длина, направление. С векторами можно совершать следующие операции: сложение, вычитание, скалярное умножение, векторное умножение, смешанное умножение и др. Математический векторный аппарат положен в основу создания векторных моделей географических объектов [27].

В ГИС векторное представление географических объектов выполняется посредством отображения их геометрической формы на двухмерной плоскости с использованием **элементарных графических примитивов** (рис. 2.7):

- точек;
- линий (полилиний, дуг);
- полигонов (форм, областей).

Каждый векторный примитив в цифровой форме обозначается координатными парами X, Y [27]:

- точечный геообъект представляется одной координатной парой X, Y ;
- линейный географический объект образуется последовательностью координатных пар $X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3$ и т. д. сегментов полилинии;
- полигональный географический объект представляется последовательностью координатных пар $X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3; \dots; X_1, Y_1$ сегментов полигона. В этом списке совпадение первой и последней пары координат означает, что полигон замкнутый.

Точечные объекты — это такие геообъекты, каждый из которых расположен только в одной точке пространства. Примером могут служить отдельно стоящее дерево, дом, метеостанция и др. Их можно характеризовать как дискретные, т. е. каждый из них в любой момент времени занимает

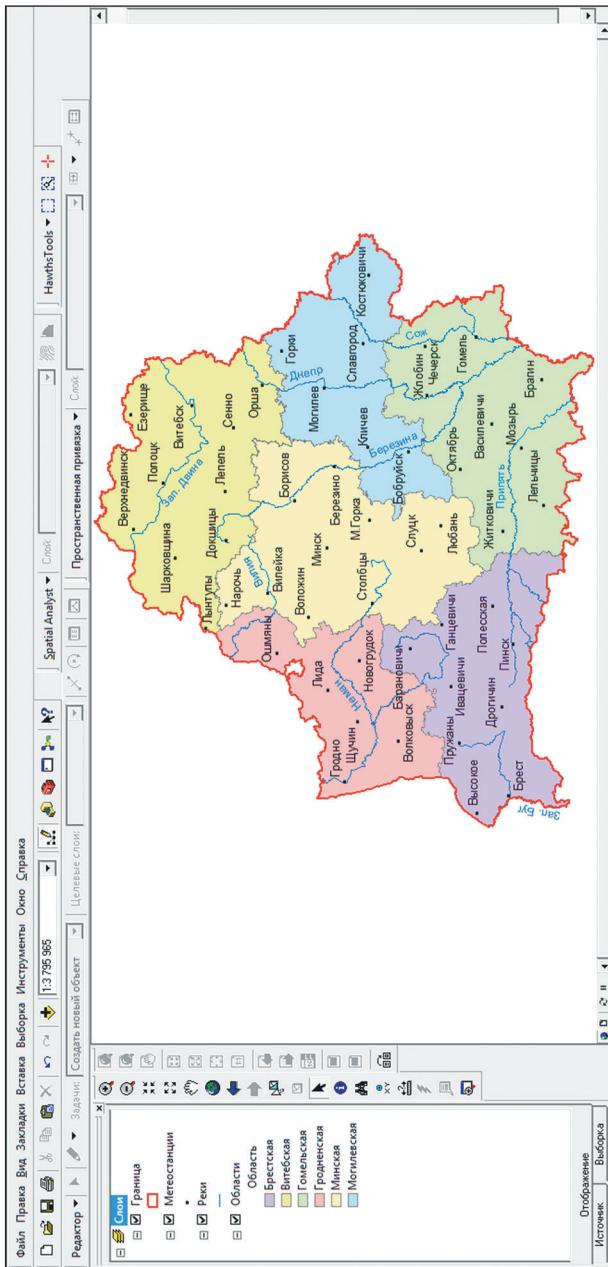


Рис. 2.7. Векторное представление точечных, линейных и полигональных географических объектов в ГИС

только определенную точку пространства. При моделировании считают, что у таких объектов нет пространственной протяженности (длины и ширины). В действительности все точечные объекты имеют некоторую пространственную протяженность, пусть самую малую, иначе их было бы невозможно увидеть. Масштаб, при котором наблюдаются эти геообъекты, задает рамки, определяющие представление их как точек. Например, если мы рассматриваем метеостанцию с расстояния нескольких метров, то это сооружение выглядит внушительным и имеет существенные длину и ширину. Но представление меняется, когда мы начинаем отдаляться: чем дальше, тем меньше метеостанция выглядит как площадной объект, тем больше — как точечный [14].

Линейные объекты представляются как «одномерные» в заданном масштабе. К ним можно отнести дороги, реки или границы, т. е. любые геообъекты, у которых один из геометрических параметров (длина) существенно больше другого (ширины). Масштаб, позволяющий наблюдать линейные объекты, обуславливает порог, при пересечении которого можно считать их не имеющими ширины. Данные геообъекты занимают два измерения при близком рассмотрении. Но, как только масштаб становится более мелким, они оказываются более тонкими, постепенно утоньшаясь настолько, что оказывается возможным представить их себе как линейные объекты. А у некоторых линий, таких как административные границы, изначально отсутствует ширина как таковая.

Для линейных объектов можно указать пространственный их размер путем определения длины. Кроме того, поскольку они не занимают локализованное нульмерное местоположение в пространстве, характерное для точек, необходимо знать, по меньшей мере, две их точки — начальную и конечную — для описания местоположения этого геообъекта в пространстве. Чем сложнее линия, тем больше узлов требуется для определения ее реальной геометрии [14].

Объекты, рассматриваемые с достаточно близкого расстояния, чтобы иметь и длину, и ширину, называются областями, формами или *полигонами*. Примеры полигонов, или двухмерных объектов, включают территории, занимаемые гидропостом, городом или целым континентом. При определении местоположения полигона в пространстве обнаруживается, что его граница является линией, которая начинается и заканчивается в одной и той же точке. Помимо указания местоположения полигонов через использование линий, можно представить их геометрию такими характеристиками, как форма, ориентация, площадь, периметр и др. [14].

Качественные или количественные данные, представленные в виде свойств или характеристик, относящихся к определенному пространственному объекту базы данных ГИС, носят название *атрибутивных данных* (рис. 2.8) [11].

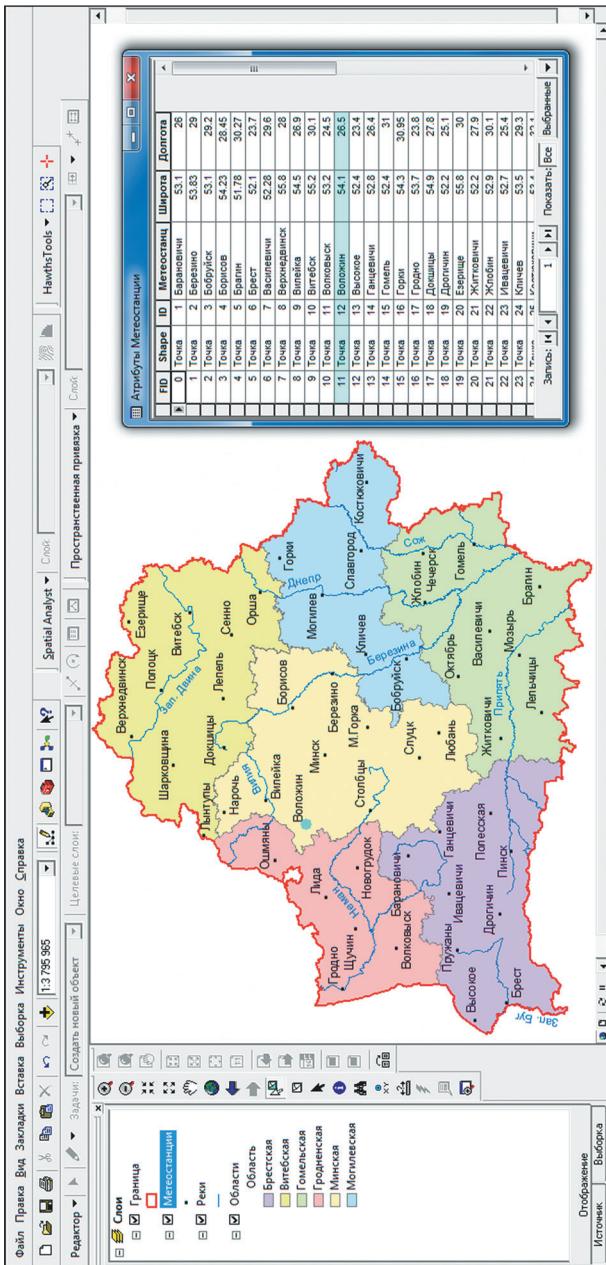


Рис. 2.8. Атрибуты векторного объекта

Атрибутивные данные географических объектов представляются в форме специальных атрибутивных таблиц, состоящих из строк и столбцов. Таблица атрибутов геообъектов представляет собой особый тип файла данных, хранящий качественную или количественную информацию о каждой точке, линии или полигоне. В данном файле возможно любое число атрибутов, однако все строки имеют одинаковый формат и длину.

Векторы обрабатываются компьютерной системой как идеальные геометрические фигуры, которые можно масштабировать, вращать и производить с ними ряд более сложных действий. При данных трансформациях изменяются лишь координаты вершин точек, линий и полигонов. К числу *преимуществ* представления геообъектов в ГИС с помощью векторных моделей относят компактность их структуры, небольшой объем занимаемой ими памяти, высокое качество визуализации пространственных данных, возможность топологического представления, широкие возможности по вовлечению их в ГИС-анализ и моделирование.

Топология — это математическая дисциплина, занимающаяся определением пространственных связей объектов. Топология в ГИС определяется как пространственные взаимоотношения между смежными или близкорасположенными геообъектами. Топологические структуры данных в ГИС более предпочтительны, так как они обеспечивают наиболее логичный путь для проведения оцифровки данных, исправления топологических ошибок, выполнения пространственного анализа векторов [11].

Векторно-нетопологическое представление геоданных — это цифровое представление точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора координатных пар с описанием только их геометрии (рис. 2.9).

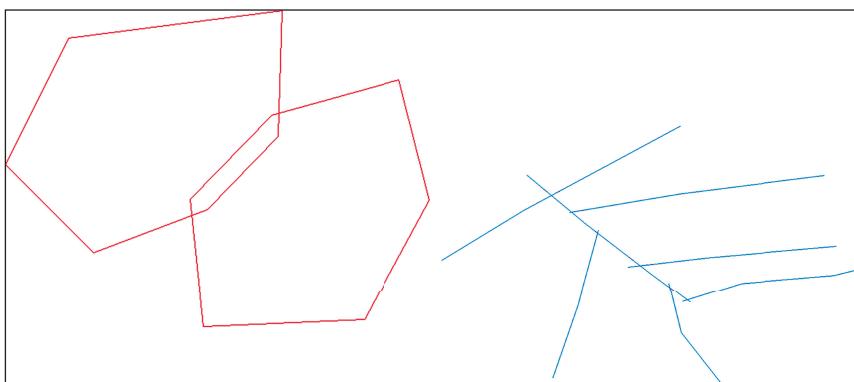


Рис. 2.9. Ошибки векторизации в рамках векторно-нетопологической модели

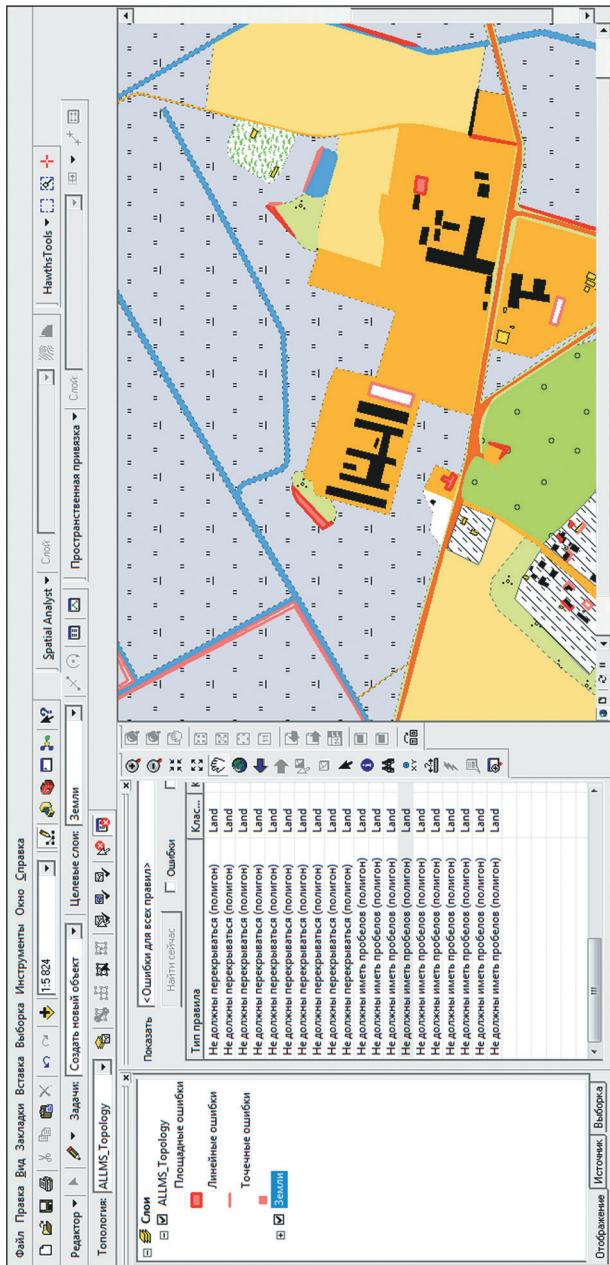


Рис. 2.10. Проверка топологии полигональных векторов

Векторно-топологическое представление геоданных — разновидность векторного представления точечных, линейных и полигональных пространственных объектов, описывающего не только их геометрию, но и топологические отношения между ними (рис. 2.10).

В ГИС топология реализуется в виде правил и механизмов исправления ошибок [27, 28]. В качестве примера можно привести использование таких правил топологии для полигонов, как «не должны перекрываться» и «не должны иметь пробелов». Задав их при формировании слоя, можно быть уверенным, что проверка выявит все перекрытия и пробелы, образованные в результате векторизации. Корректное же исправление данных ошибок позволит получить ГИС-модель в виде полигонов (например, локальных водосборов рек), полностью отвечающую реальному земному пространству по геометрическим и топологическим характеристикам.

Существуют два основных типа векторных моделей географических объектов: простые нетопологические модели (называемые моделями spaghetti из-за содержащегося в них топологически неупорядоченного набора векторных геообъектов) и топологические модели. К векторно-нетопологическим относят *форматы* *.shp, *.dxf, *.tab и др., к векторно-топологическим — базу геоданных ArcGIS, покрытие Arc/INFO и др.

2.4. GRID-МОДЕЛЬ

Одним из способов представления пространственных данных в ГИС является *GRID* (*грид, регулярная сеть*). Данная модель представляет собой способ организации геоданных в базе данных ГИС в виде множества равных по размерам и территориально сопряженных ячеек, упорядоченных в виде строк и столбцов, каждая из которых отражает качественные и количественные характеристики реальных геообъектов (или их классов), а также процессов или явлений [11].

Грид-модель состоит из ячеек. Каждая ячейка — это прямоугольник, представляющий определенную часть земной поверхности (аналогично пиксели растревой модели) [16]. Следует отметить, что в рамках отдельной грид-модели все ее ячейки имеют одинаковый размер. Они организованы в виде строк и столбцов (рис. 2.11).

Каждой ячейке грид-модели присваивается определенное значение, служащее для идентификации или описания класса, категории, группы геообъектов, к которым она относится, либо для задания количественной характеристики свойства процесса или явления, которое описывает данная грид-модель. Значение ячейки может представлять такие характеристики, как атмосферное давление, температура воздуха, осадки и т. д.

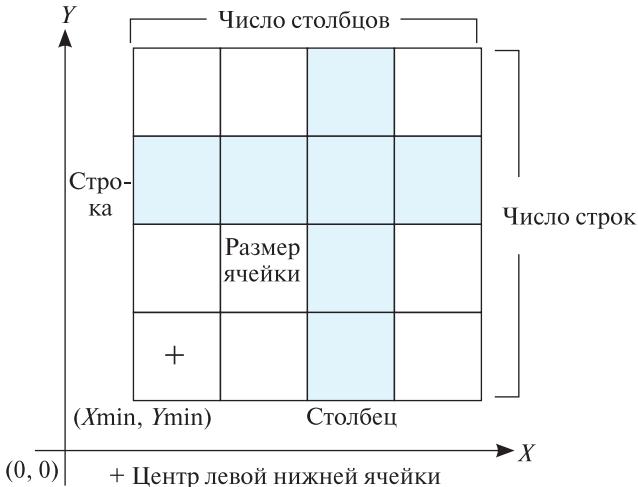


Рис. 2.11. Структура грид-модели [16]

Гриды, в отличие от растров, являются геореляционными моделями, т. е. они осуществляют связь пространственных и атрибутивных данных, что является базисом для ГИС-анализа и моделирования. Атрибуты грида хранятся в *атрибутивной таблице значений* (VAT).

Таблица атрибутов грида содержит в себе два поля: VALUE (значение — предназначено для хранения значений ячеек) и COUNT (количество — хранит количество ячеек, имеющих одинаковые значения). Одна запись в таблице VAT относится ко всем ячейкам с одинаковым значением, в то время как одна запись в атрибутивной таблице вектора относится к конкретному геообъекту (рис. 2.12) [11, 16, 28].

Если ячейке присвоено значение «нет данных», это означает, что данных о заданной характеристике в точке, которую представляет ячейка, либо нет, либо недостаточно.

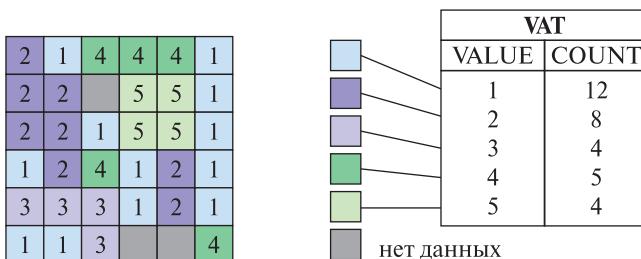
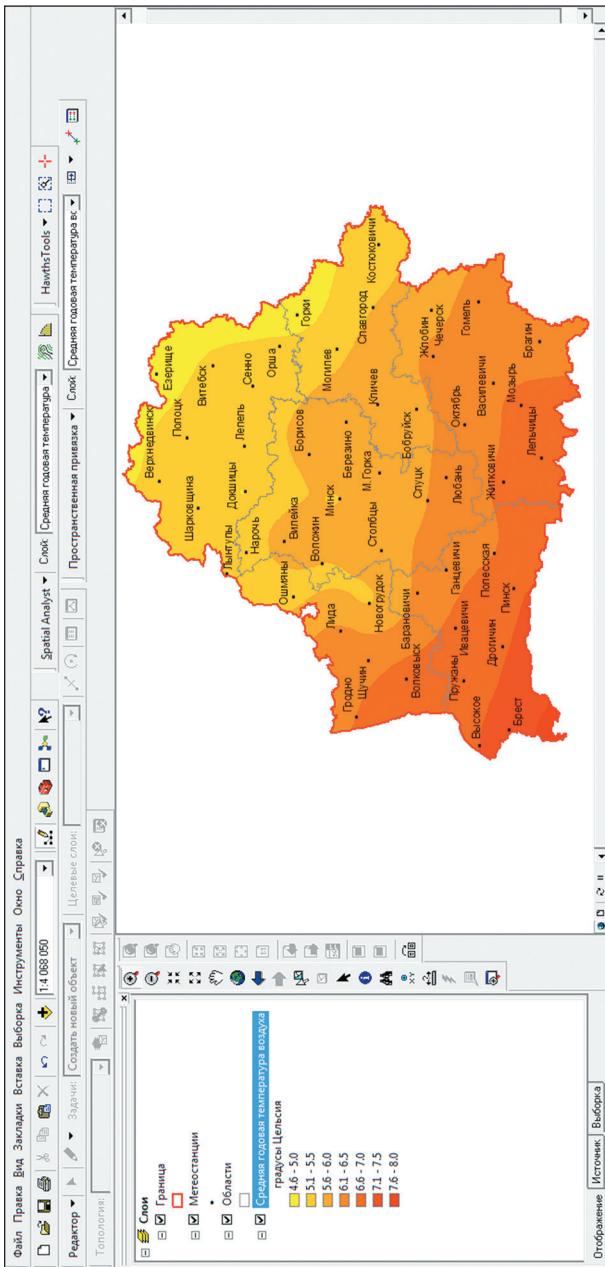


Рис. 2.12. Грид-модель и ее атрибуты [16]



*Рис. 2.13. Грид-модель средней годовой температуры воздуха Беларуси
(по данным многолетних наблюдений)*

Каждой грид-модели свойственна реальная (географическая либо проекционная) *система координат*. Она определяется размером ячейки грида, количеством его строк и столбцов и координатами X, Y центра верхней и нижней ячейки. Процесс преобразования грида из одной картографической проекции в другую называется геометрической трансформацией [16].

Среди основных функций ГИС-анализа и моделирования на основе ячеек грида в ГИС можно отметить: создание грида путем интерполяции (рис. 2.13), выполнение анализа поверхностей, картирование расстояний, картирование плотности и др.

2.5. TIN-МОДЕЛЬ

TIN (triangulated irregular network — триангуляционная нерегулярная сеть) — структура организации географических данных, описывающая трехмерную земную поверхность в виде связанных между собою общими вершинами и сторонами непересекающихся треугольников неправильной формы [11]. Каждая вершина треугольника в данной сети определяется тремя координатами (X, Y, Z) его вершин (рис. 2.14).

TIN-модель является специфической векторной топологической моделью данных и выступает как альтернатива грид-модели при представлении непрерывных поверхностей [11]. TIN представляет поверхность как набор связанных треугольников, что отражено в ее названии «триангуляционная». Треугольники строятся из трех точек, принадлежащих к произвольным областям поверхности, что и подчеркивается прилагательным «нерегулярная». Наконец, модель TIN создает сеть треугольников, сохраняя топологические отношения между ними.

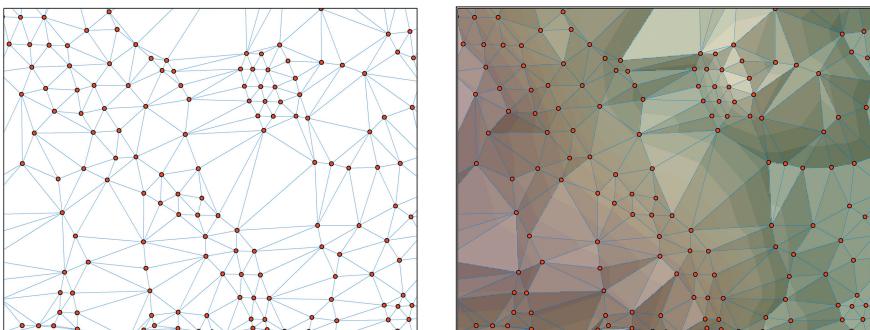


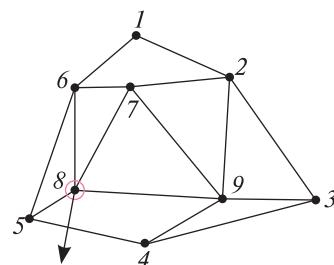
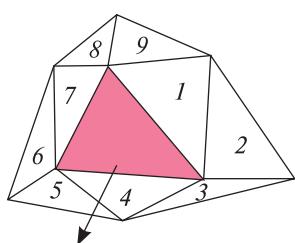
Рис. 2.14. TIN-модель

Геометрия модели TIN образуется гранями и узлами треугольников в трехмерном пространстве [27]. Грань — это сторона треугольника в трехмерном пространстве, а узел — его вершина с координатами X , Y , Z (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Элементы треугольника TIN-модели [7]

Существуют два основных **способы хранения TIN** [7]: по треугольникам и по точкам. При кодировании сети *по треугольникам* для каждого из них в базе данных создается запись, содержащая его уникальный номер, координаты трех его вершин, а также номера трех смежных с ним треугольников (рис. 2.16, *a*).



ID треугольника	10
Координаты точек	$(X_{10,1}; Y_{10,1}; Z_{10,1})$ $(X_{10,2}; Y_{10,2}; Z_{10,2})$ $(X_{10,3}; Y_{10,3}; Z_{10,3})$
Сосед № 1	1
Сосед № 2	4
Сосед № 3	7

a

ID треугольника	8
Координаты точки	$(X_8; Y_8; Z_8)$
Соседи	6, 7, 9, 4, 5

b

Рис. 2.16. Способы хранения TIN-модели по треугольникам (*a*) и по точкам (*b*):
а: 1–9 — треугольники, определяющие TIN-модель;
б: 1–9 — точки (узлы) TIN-модели [7]

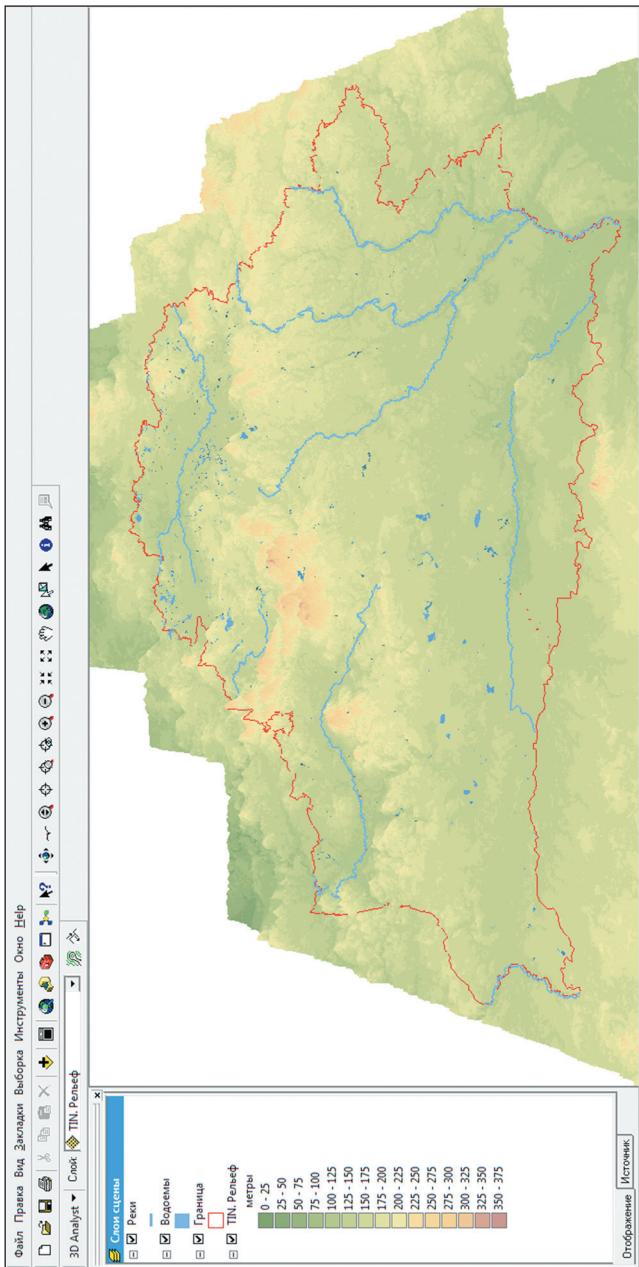


Рис. 2.17. 3D-визуализация ТIN-модели рельефа Беларусь

При хранении *по точкам* (узлам) для каждого узла модели сохраняются ее уникальный номер, координаты и список узлов, с которыми она соединена прямыми (по часовой стрелке) (рис. 2.16, б).

Модель TIN обладает следующими *свойствами* [27]:

- позволяет получить точное представление о трехмерной земной поверхности;

- является базисом 3D-визуализации природных, природно-антропогенных и антропогенных геообъектов в ГИС (рис. 2.17);

- позволяет выполнять анализ 3D-поверхностей (вычисление отмечок в любой точке геопространства, уклонов, экспозиций склонов, получение изолиний поверхности с заданным сечением, расчет объемов, создание гипсометрических профилей, анализ видимости).

Источниками данных для построения модели TIN являются [29]:

1) *масс-точки* — векторный точечный слой, использующийся в качестве вершин треугольников модели TIN (рис. 2.18);

2) *линии перегиба* — линии с высотой (координатой Z), зарегистрированной в каждой вершине. В TIN-модели они становятся последовательностями одного или более краев пересекаемого ими треугольника модели. Обычно линии перегиба представляют собой естественные (хребты или водотоки) или искусственные объекты (например, шоссе) (рис. 2.19);

3) *вырезающие полигоны*, которые используются для определения границ поверхности TIN. Они необходимы, когда область данных имеет неправильную форму (рис. 2.20);

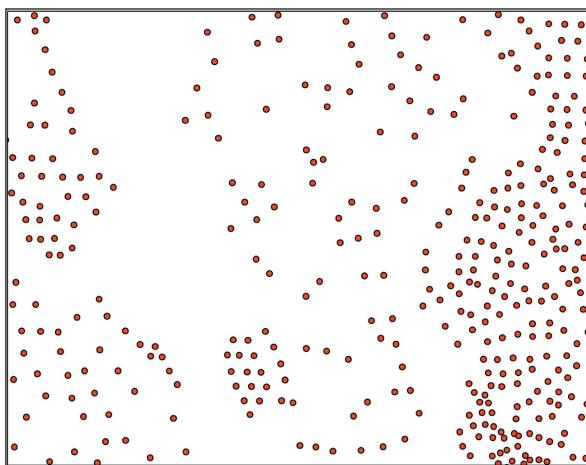
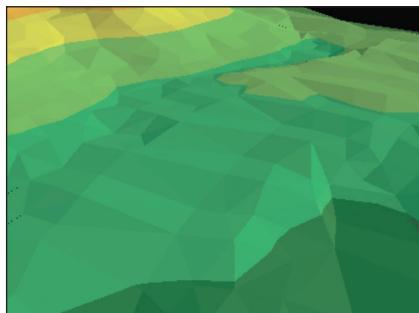
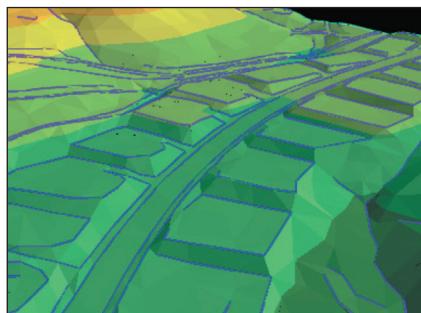


Рис. 2.18. Массовые точки



a



b

Рис. 2.19. TIN-модель, построенная без линий перегиба (*a*) и с линиями перегиба (*b*) [29]

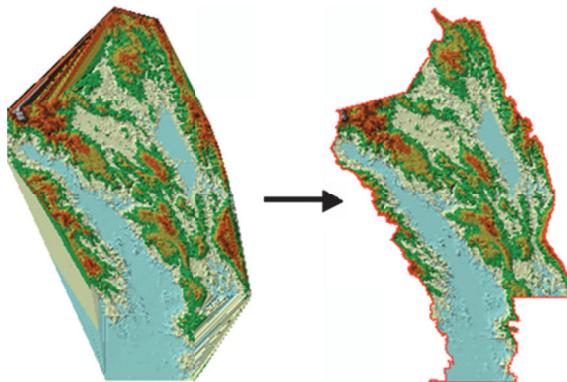


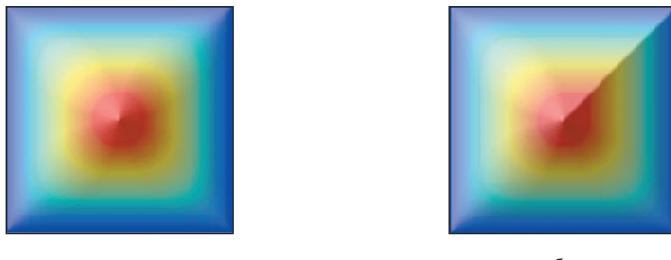
Рис. 2.20. Вырезающие полигоны [29]



Рис. 2.21. Стирающие полигоны [29]



Рис. 2.22. Замещающие полигоны [29]



a

б

Рис. 2.23. Мягкие (*а*) и жесткие (*б*) спецификаторы [29]

- 4) *стирающие полигоны*, определяющие отверстия в TIN (рис. 2.21). Они используются, чтобы представить области, для которых нет данных;
- 5) *замещающие полигоны*, определяющие области постоянной высоты. Они используются, чтобы представить водные тела (если нет данных об их батиметрии) или искусственные объекты, которые являются плоскими (рис. 2.22).

Для каждого из перечисленных источников построения TIN-моделей могут быть применены *жесткие* и *мягкие спецификаторы*, чтобы указать, происходит ли различимый перегиб в уклоне поверхности или нет (рис. 2.23).

Вопросы и задания

1. Каким образом географические объекты различаются по способу декомпозиции земного пространства?
2. Какие основные составляющие характерны для геопространственных данных?
3. Как раstry различают по способу цветовоспроизведения?
4. Каковы важнейшие характеристики растрров?
5. Какие цветовые модели используются для представления цвета пикселя в раstraх?
6. Перечислите наиболее распространенные раstralные форматы.
7. В чем заключается процесс геопривязки растрров?
8. Какие элементарные графические примитивы используются в векторной модели?
9. В чем заключается отличие векторно-топологического представления данных от векторно-нетопологического?
10. Опишите структуру GRID-модели.
11. На чем основывается геометрия TIN-модели?
12. Каковы источники построения TIN-модели?

3. МЕТОДЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

3.1. МЕТОДЫ ВЕКТОРНОГО ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Векторный анализ в ГИС используется при обработке цифровых векторных слоев с учетом атрибутов геообъектов. Наиболее он оправдан при работе с дискретными географическими объектами, т. е. имеющими четкие границы в геопространстве.

Основные *виды* векторного анализа в ГИС можно обозначить как следующие направления:

- элементарный пространственный анализ;
- пространственная статистика;
- расширенный пространственный анализ;
- сетевой анализ.

Основными задачами *элементарного пространственного анализа* являются: просмотр векторных геообъектов, анализ их атрибутов, картометрические измерения, составление тематических картограмм, картодиаграмм, картосхем, графиков и диаграмм по атрибутам векторов.

Преимуществами *просмотра векторных геообъектов* (рис. 3.1) в ГИС являются:

- удобная навигация;
- возможность выборки и идентификации геообъектов;
- совмещение в ГИС различных геоданных.

Основные подоперации *анализа атрибутов* векторов в ГИС включают:

● поиск объекта и определение его местоположения по определенному атрибуту;

- выборку объектов по атрибутам (рис. 3.2);
- сортировку объектов по их атрибутам и переключение выборки.

К *картотетическим действиям над векторами* относят:

- определение расстояний между векторными геообъектами (рис. 3.3);
- определение координат точечных геообъектов;
- определение длин линейных геообъектов;
- определение площадей и периметров полигональных геообъектов.

На основе текстовых и количественных атрибутов векторов в ГИС возможно *составление тематических картограмм, картодиаграмм, картосхем, графиков, диаграмм* (рис. 3.4).

Среди операций *пространственной статистики* в ГИС выделяют: статистическую обработку атрибутов, описательную статистику выбор-

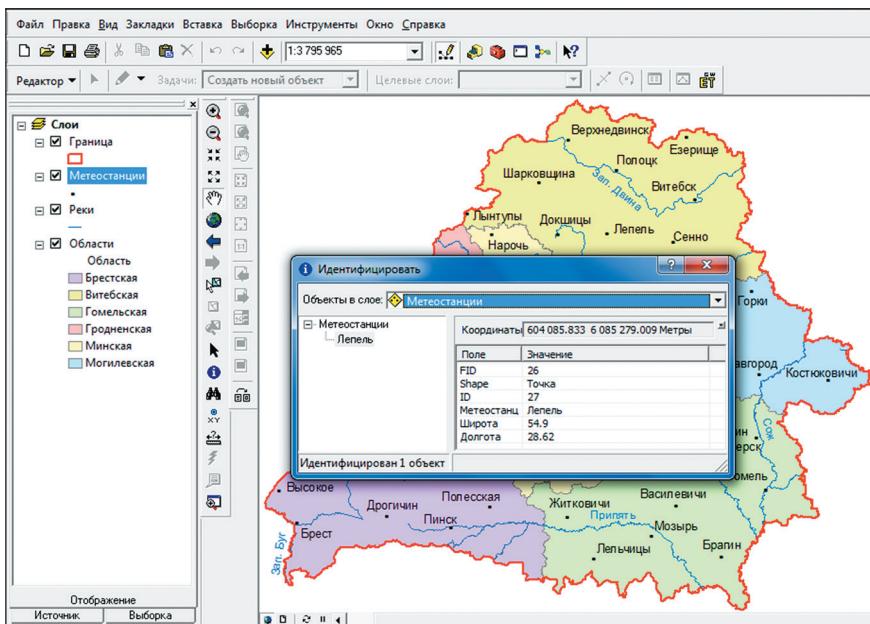


Рис. 3.1. Просмотр в ГИС векторных геообъектов

ки, работу с базами атрибутивной информации, а также расширенные операции пространственной статистики.

Статистическая обработка атрибутов позволяет выполнять расчет значений новых атрибутивных полей на основе существующих. В качестве примера выполнения такой операции можно привести расчет средних дневных, декадных, месячных, годовых и многолетних значений отдельных метеорологических показателей по метеостанциям на основе атрибутов, хранящих «сырые» измеренные значения (рис. 3.5).

Функции *описательной статистики выборки* дают возможность рассчитывать основные статистические показатели (максимум, минимум, среднее и т. д.) массива атрибутивных данных векторных объектов.

Большинство руководств по разработке баз геоданных рекомендуют строить их на основе множества атрибутивных таблиц, каждая из которых посвящена отдельной теме (например, осадкам, температуре, атмосферному давлению и т. д.), вместо создания одной таблицы, содержащей все поля. Такая схема предотвращает дублирование информации в базе данных, когда необходима определенная тематическая информация, она связывается с атрибутами ГИС-слоя.

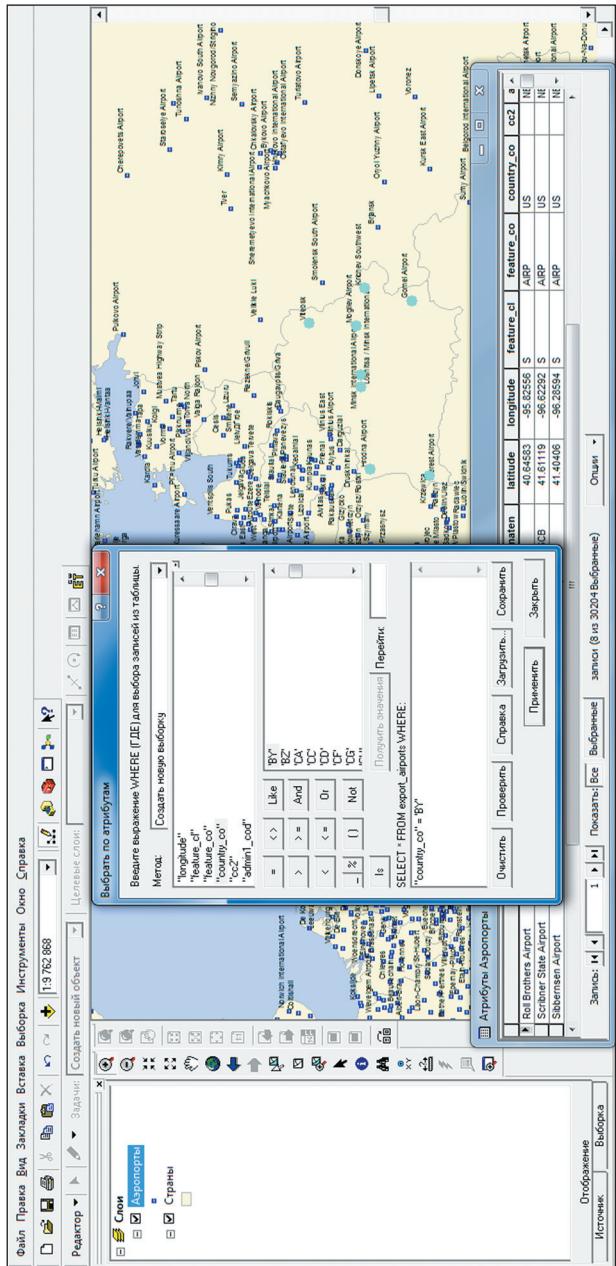


Рис. 3.2. Выборка векторных объектов по определенному атрибуту в ГИС

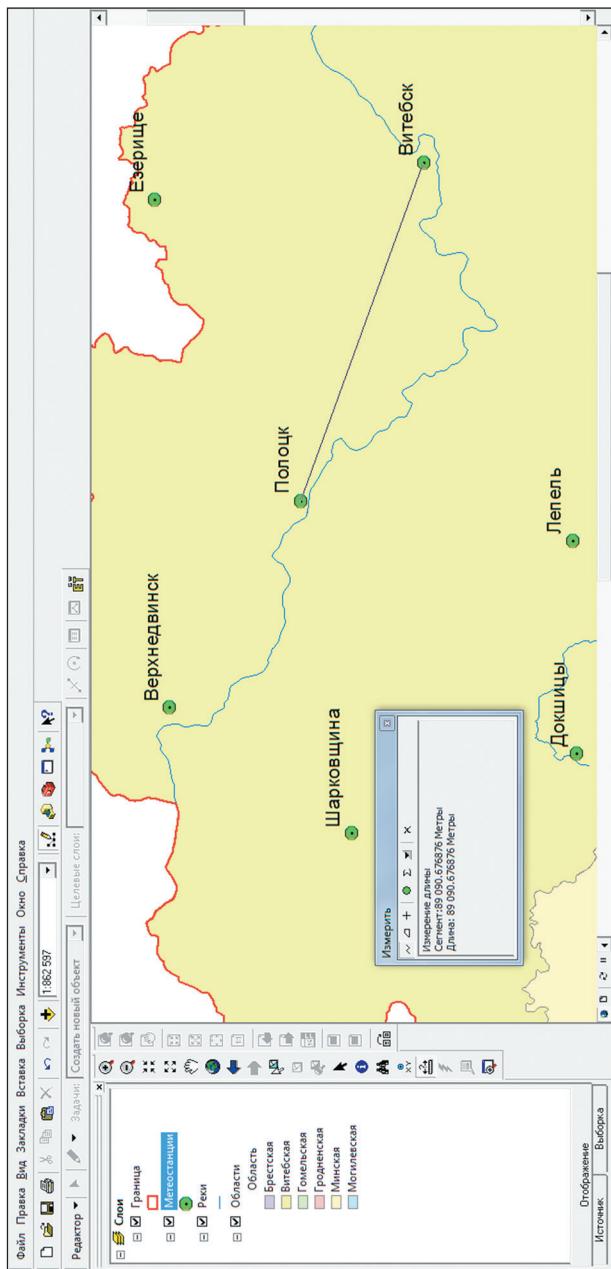


Рис. 3.3. Картометрические операции в ГИС

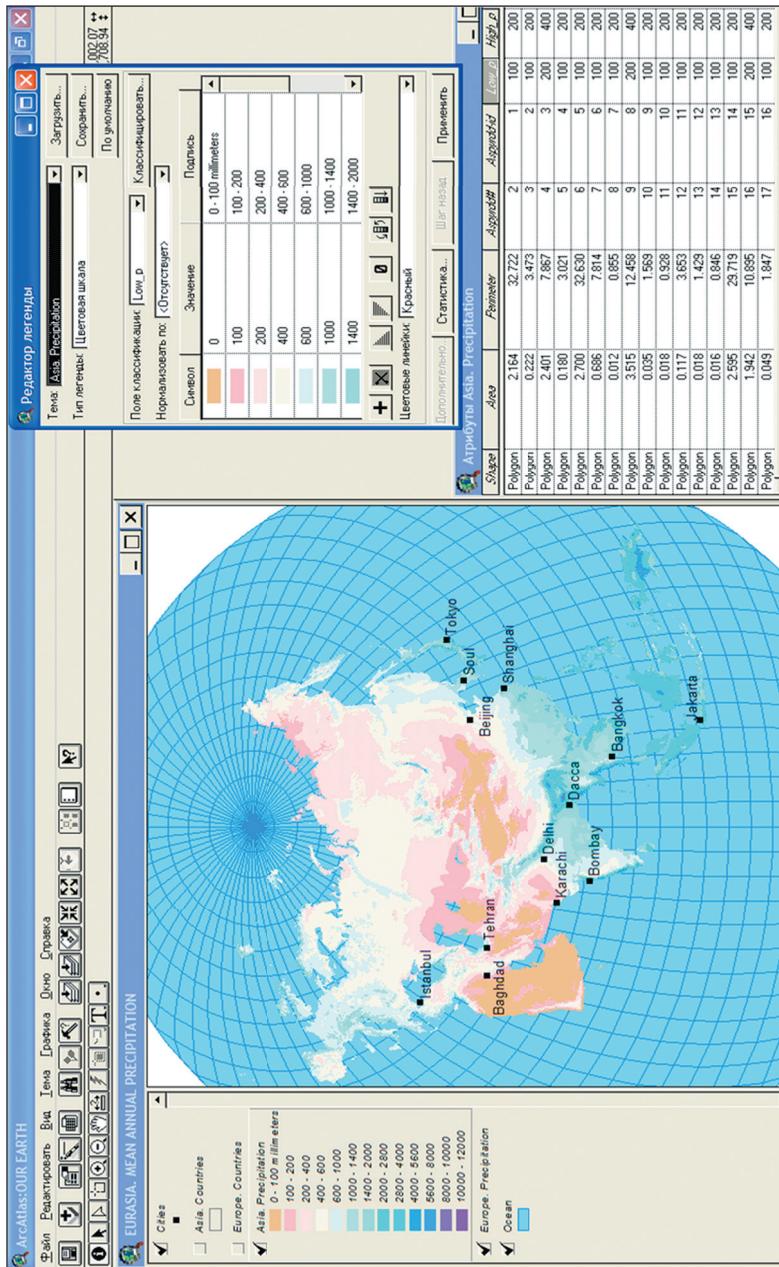


Рис. 3.4. Построение тематической картограммы в ГИС

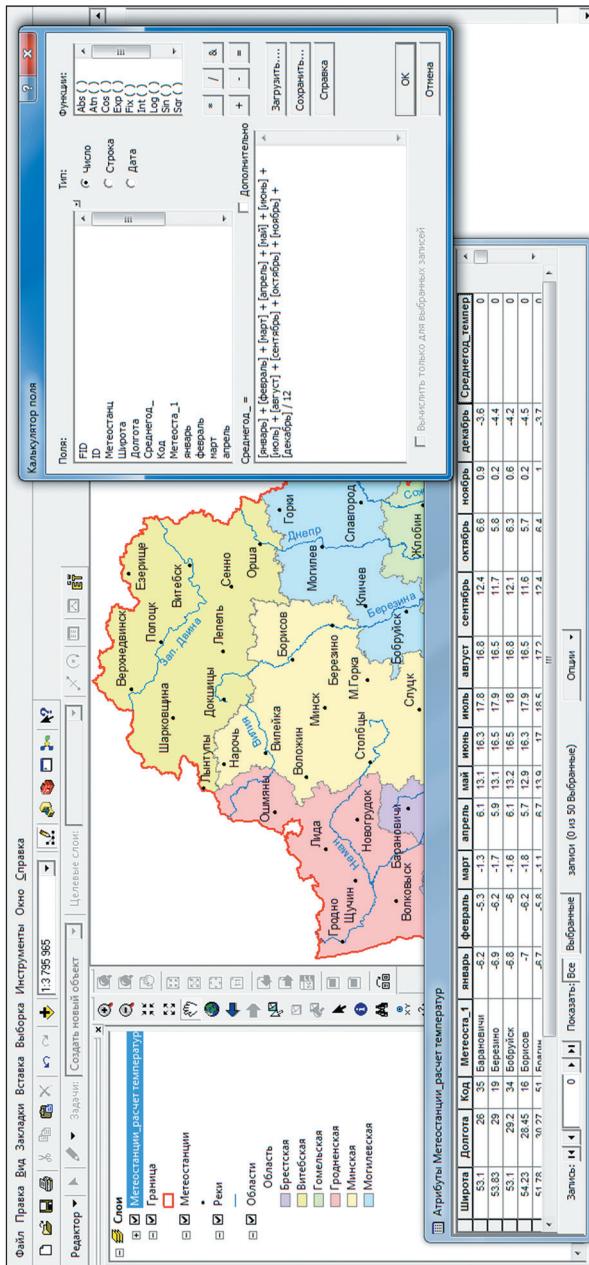


Рис. 3.5. Статистическая обработка атрибутов в ГИС

В ГИС для работы с базами атрибутивной информации предусмотрено два типа интерактивного взаимодействия табличных данных с атрибутами геообъектов: соединения и связи [18, 28].

При выполнении соединения двух таблиц данные одной из них добавляются в другую на основании значения общего для данных таблиц поля (например, названия метеостанции) (рис. 3.6).

Как правило, соединение таблиц основано на значении поля, которое присутствует в обеих таблицах. Название поля в таблицах может различаться, но его тип должен быть один и тот же: числовые поля соединяются с числовыми, строковые со строковыми и т. д.

Связывание таблиц описывает отношение между двумя таблицами. Это происходит на основании общего поля (как и при соединении), но при этом не происходит добавления атрибутов одной таблицы в другую, однако после данной процедуры они тесно взаимодействуют друг с другом в интерактивном режиме.

Когда слои на карте не имеют общего атрибутивного поля, можно вместо соединения по атрибуту построить пространственное соединение [18, 28]. Данное соединение связывает атрибуты двух слоев на основании положения геообъектов. Оно отличается от соединения по атрибуту тем, что является нединамичным и требует сохранения результатов в новый выходной слой.

При осуществлении пространственного соединения можно использовать один из трех типов ассоциаций, описание которых приведено ниже:

- сопоставить каждый объект с ближайшим объектом или объектами: в этой ассоциации можно либо добавить атрибуты близлежащего объекта, либо добавить множество численных атрибутов ближайших объектов (min, max и т. д.);
- сопоставить каждый объект с объектами, находящимися внутри него: в этом случае добавляются атрибуты объекта, находящегося внутри текущего объекта;
- сопоставить каждый объект с объектами, его пересекающими.

Расширенные операции пространственной статистики включают определение пространственного распределения геообъектов (рис. 3.7), а также элементы кластерного и регрессионного анализов.

Основными задачами *расширенного пространственного анализа* являются: оверлейные операции, анализ близости, переклассификация и районирование, генерализация, геообработка.

Оверлейные операции представляют собой ГИС-операцию наложения друг на друга двух или более слоев, результатом которой является графическая композиция (графический оверлей) используемых слоев либо единственный результирующий слой, несущий в себе набор пространственных объектов исходных слоев, топологию этого набора и атрибуты, которые

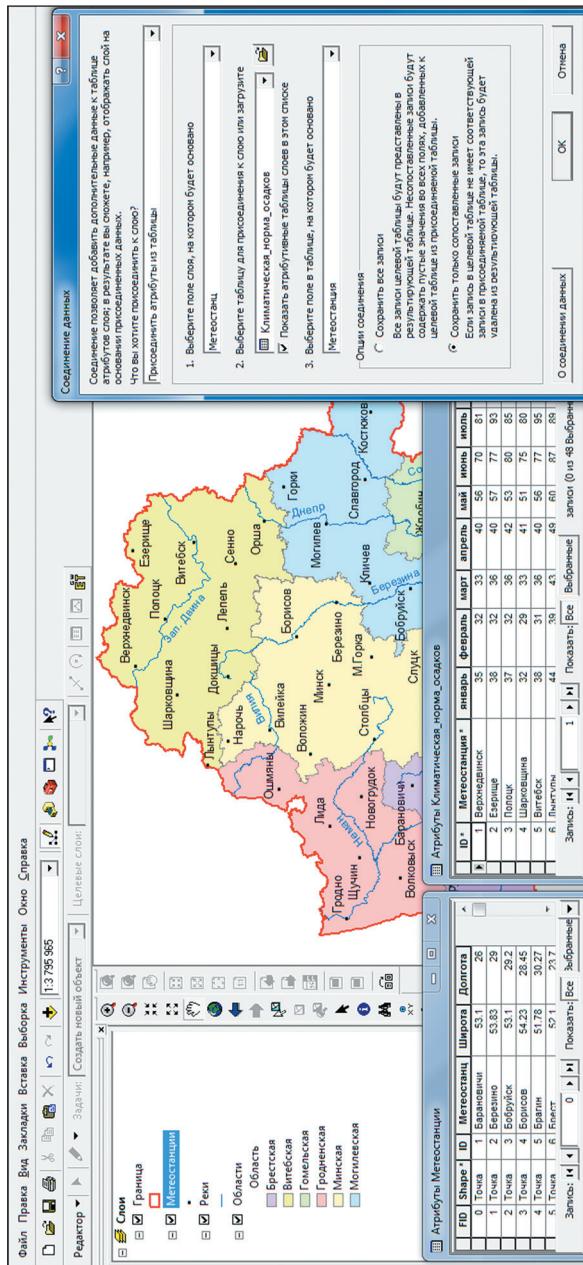


Рис. 3.6. Связывание таблиц в ГИС

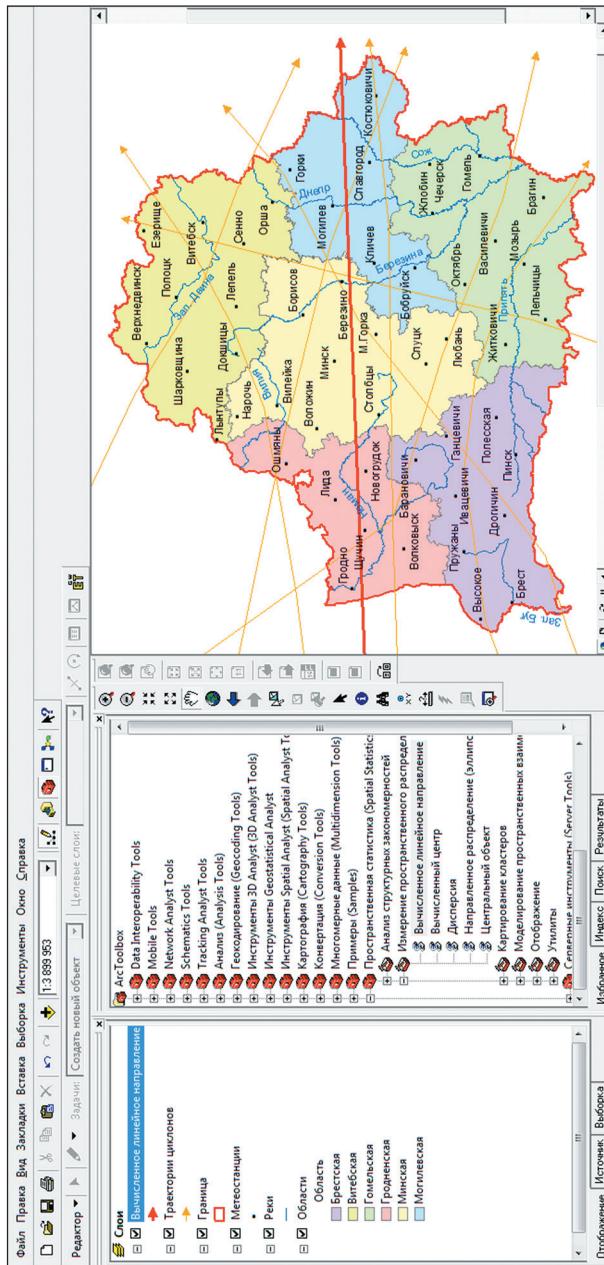


Рис. 3.7. Вычисление среднего линейного направления траекторий циклонов в ГИС

являются производными от значений атрибутов исходных объектов [11, 22]. Примером оверлейной операции может служить нахождение населенных пунктов, попадающих в зону штормового предупреждения при прохождении тропического урагана (рис. 3.8).

Анализ близости в ГИС предполагает построение буферных зон и полигонов Тиссена.

Создание буферных зон — это ГИС-операция, позволяющая определить области, окружающие геообъекты. Они представляют собой полигональный слой, образованный путем расчета и построения эквидистант, или эквидистантных линий, равноудаленных относительно множества точечных, линейных или полигональных пространственных объектов [22]. ГИС-поддержка решения таких типов географических задач, как проектирование санитарно-защитных зон предприятий, водоохраных зон водных объектов и других, осуществляется с использованием данной функции (рис. 3.9).

Построение буферных зон выполняется для точечных, линейных или полигонных векторных геообъектов. В ГИС можно задавать расстояния буферных зон в разных единицах измерения, например, метрах, километрах, единицах стоимости и др.

Точечные распределения могут характеризоваться с помощью полигонов Тиссена (называемых также диаграммами Дирихле и диаграммами Вороного). Их построение основано на идее о том, что можно нарастить полигоны вокруг точек, дабы показать зоны их влияния в пространстве (рис. 3.10). Названы они были в честь климатолога Тиссена, который первым с их помощью проинтерполировал сильно неравномерные распределения климатических данных [22, 27, 28].

Переклассификация — это аналитическая операция, направленная на преобразование слоя ГИС-карты по заданному условию (рис. 3.11). *Районирование* определяется как процедура выделения целостных территориальных систем в ГИС, когда внимание исследователей концентрируется на различиях между ними [22].

Одной из возможностей ГИС является картографическая *генерализация*. Генерализация в ГИС имеет два аспекта: генерализация базы данных и непосредственно геометрическая генерализация. Генерализация информации в базе данных может быть представлена как построение масштабного ряда для всех объектов карты. Геометрическая генерализация трактуется как упрощение линий или полигонов [18, 28] (рис. 3.12).

В ГИС существуют различные методы решения задач *геообработки*. Можно выполнять задачи геообработки, запустив инструмент из диалогового окна, командной строки либо в рамках скрипта или модели [17, 28] (рис. 3.13).

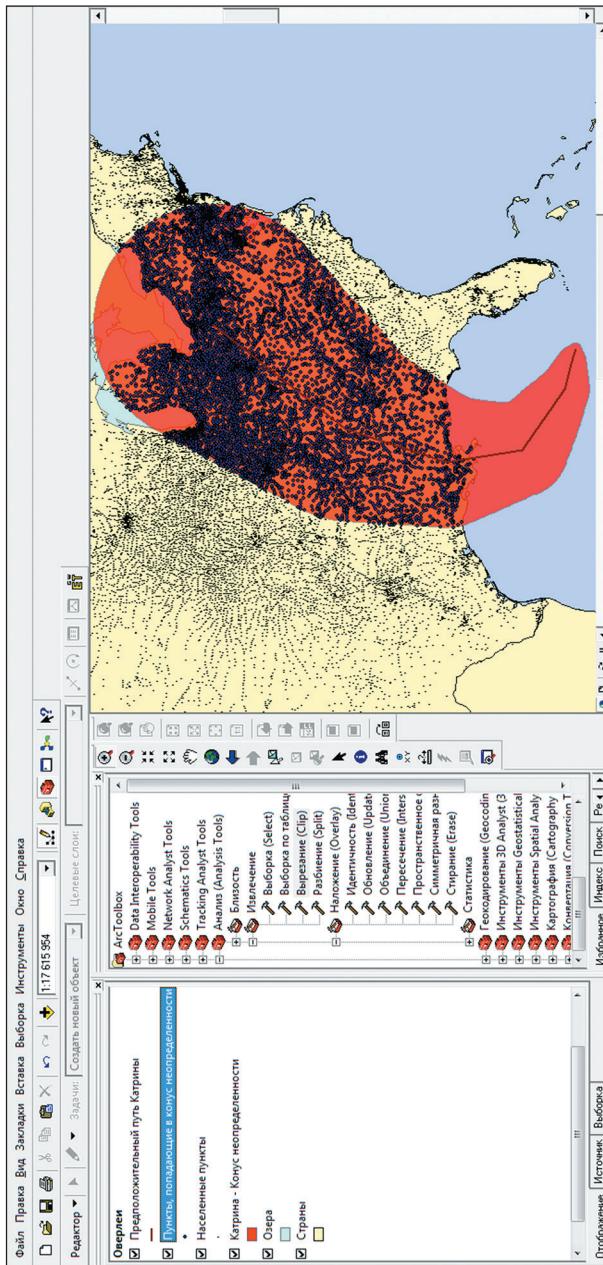


Рис. 3.8. Пример выполнения оверлейной операции вырезания в ГИС

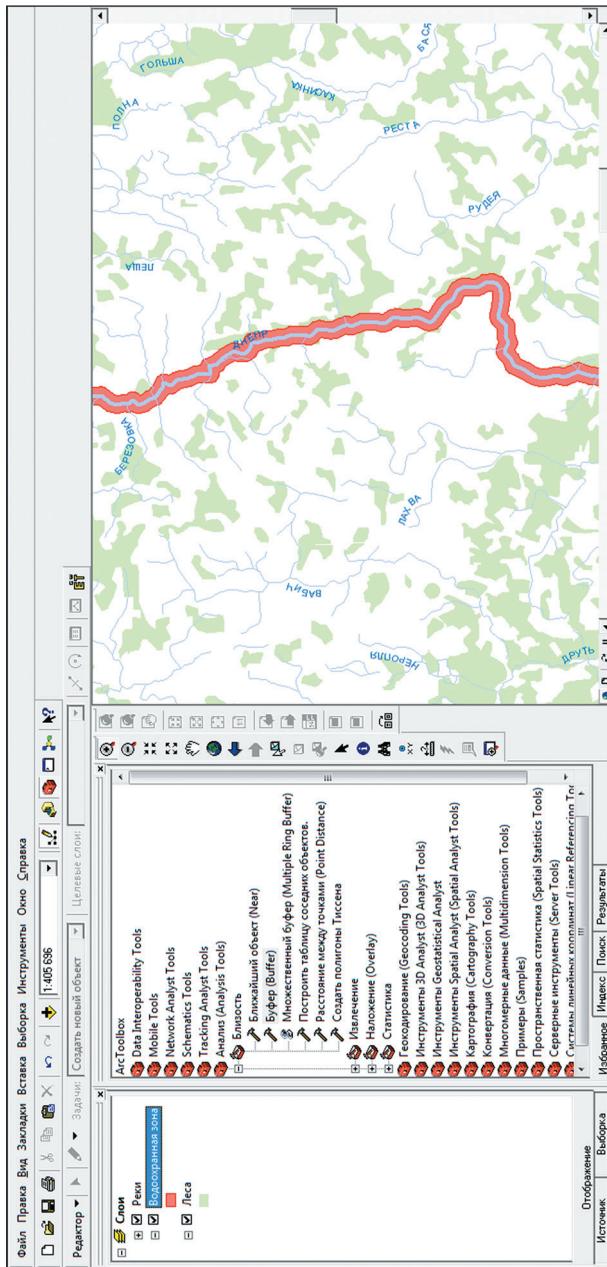


Рис. 3.9. Результат построения буферной зоны в ГИС

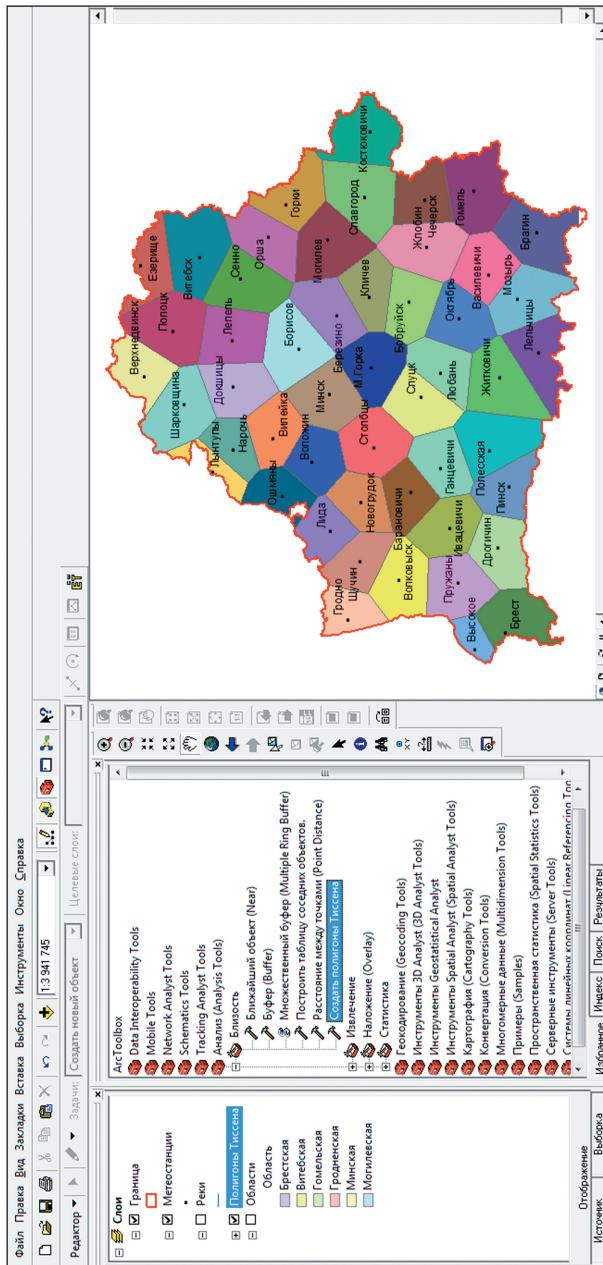


Рис. 3.10. Результат построения полигонов Тиссена по методостанциям в ГИС



Рис. 3.11. Пример переклассификации слоя изогиет в ГИС

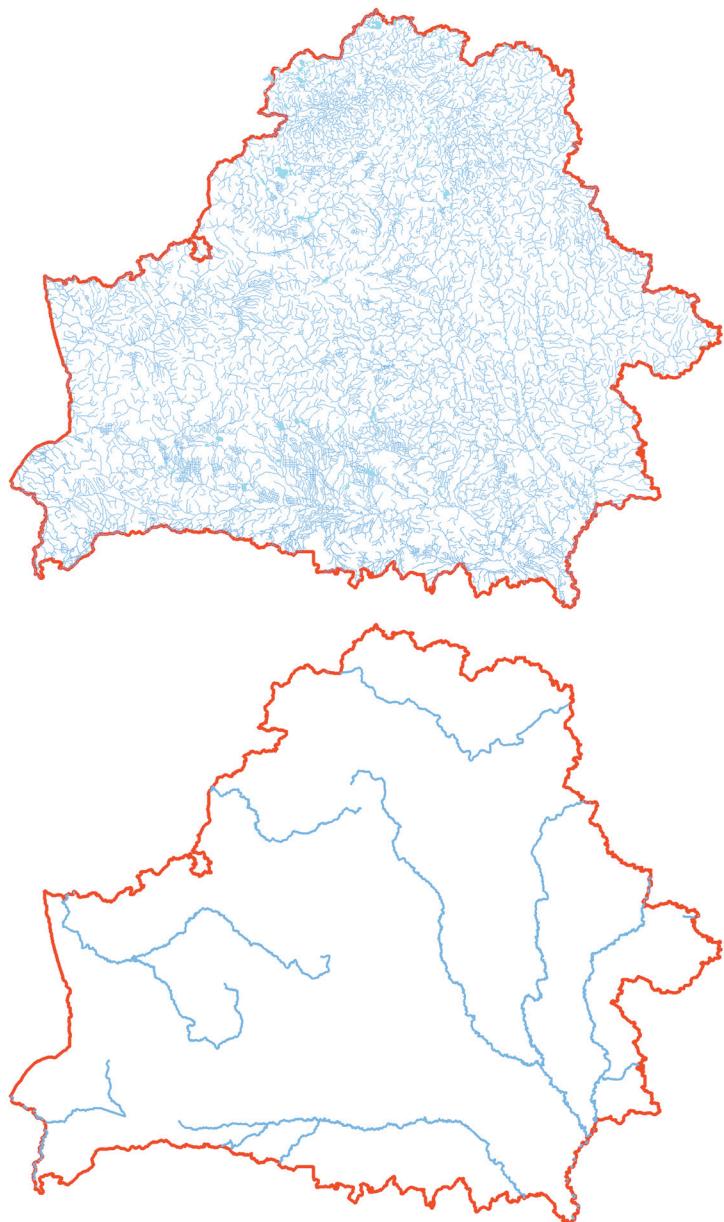
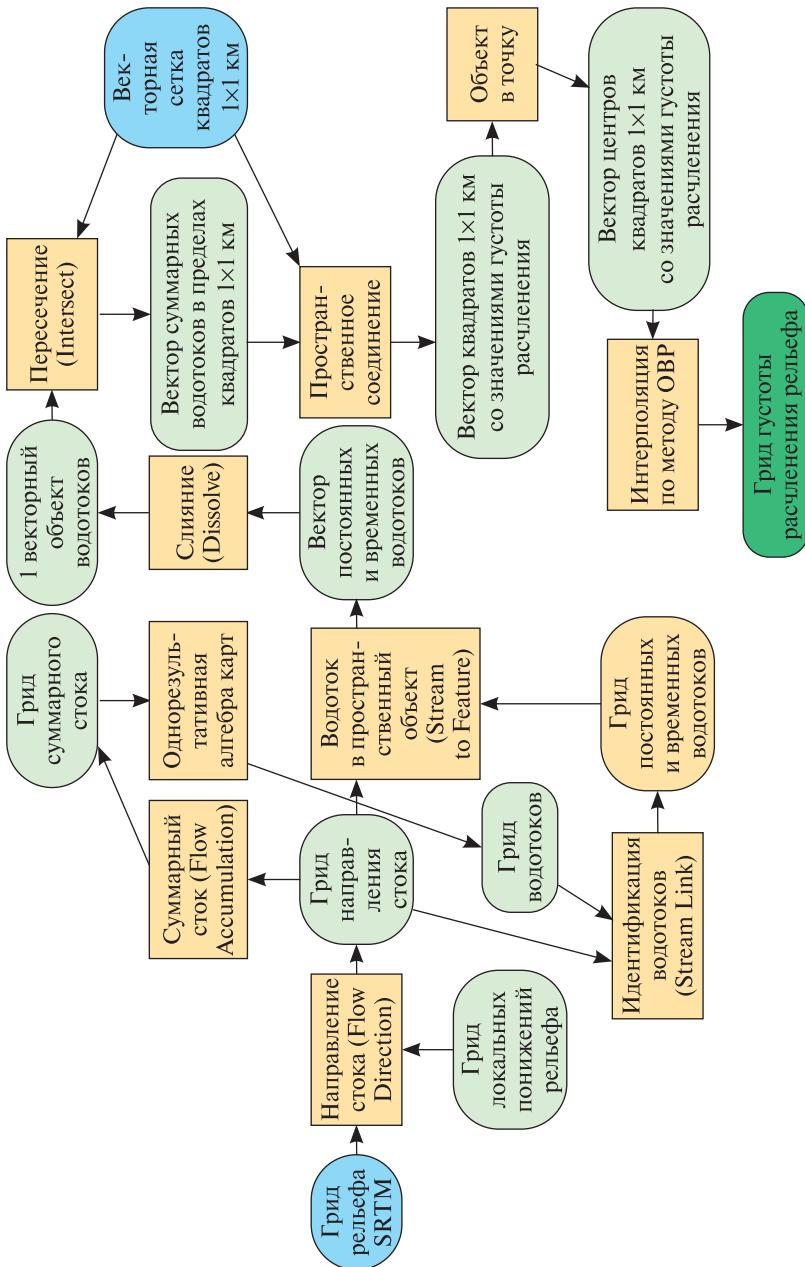


Рис. 3.12. Пример генерализации объектов гидрографии в ГИС



*Рис. 3.13. Пример геообработки с помощью модели в ГИС
(расчет расчлененности поверхности постоянными и временными водотоками)*

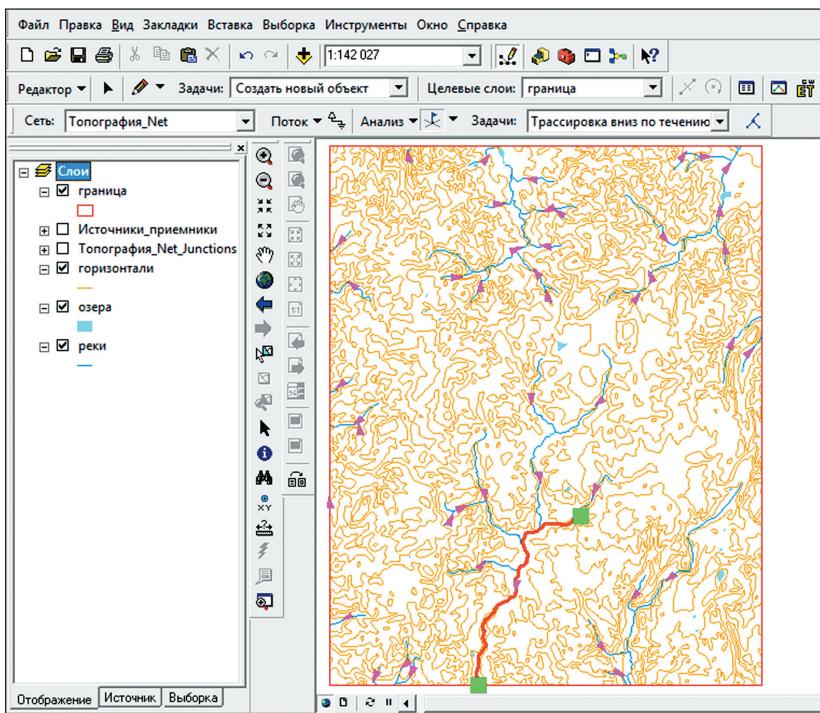


Рис. 3.14. Сетевой анализ гидрографической сети в ГИС

Одно из наиболее современных направлений ГИС-анализа — **сетевой анализ** геообъектов. Любая система связанных между собой линейных объектов — автомобильные и железные дороги, реки, трубопроводы, телефонные линии и линии электропередач — представляет сеть. Перемещения людей, транспортировка товаров и услуг, обмен информацией и передача энергии происходят по сетям [27].

Типичные задачи сетевого анализа: *поиск ближайшего пункта, разработка кратчайшего маршрута* (рис. 3.14), *определение зон обслуживания (доступности)*, *определение местоположения по адресу (геокодирование)* [28].

3.2. МЕТОДЫ РАСТРОВОГО ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Растровый анализ в ГИС используется при обработке цифровых растровых грид-слоев с учетом их атрибутов. Наиболее оправдан растровый анализ в ГИС при работе с непрерывными географическими процессами или явлениями, а также с объектами, суммированными по площадям.

Основные виды растрового анализа в ГИС можно представить в виде следующих главных направлений:

- интерполяция растра;
- анализ поверхностей;
- картирование плотности;
- картирование расстояний;
- использование функции картографической растровой алгебры.

Интерполяция рассчитывает значения ячеек грида на основании ограниченного числа точек измерений (рис. 3.15). Ее можно использовать для вычисления неизвестных значений любых географических точечных данных: высоты над уровнем моря, уровня осадков, концентрации химических веществ, уровня шума и т. д.

Предположение, позволяющее проводить интерполяцию, состоит в том, что близкие по расположению объекты обладают похожими характеристиками. Например, если дождь идет на одной стороне улицы, можно с большой уверенностью предположить, что он идет также и на другой ее стороне. Однако с меньшей вероятностью можно быть уверенным, что он идет во всем городе или же в соседних населенных пунктах. С помощью этой аналогии легко понять, что значения точек, расположенных ближе к точке, на которой произведены эмпирические наблюдения, будут более схожими, нежели значения более отдаленных от нее точек [28].

Инструменты интерполяции обычно делятся на детерминированные и геостатистические методы.

Детерминированные методы присваивают значения местоположениям, основываясь на измеренных эмпирическим путем значениях, попадающих в окрестность интерполируемой точки, и на заданных математических формулах, которые определяют сглаженность результирующей поверхности. К ним относят метод обратно взвешенных расстояний, метод сплайна и др.

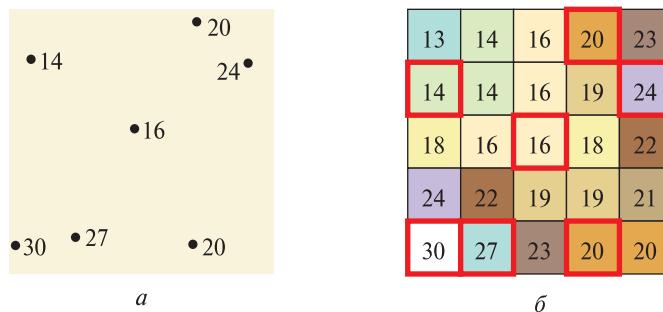


Рис. 3.15. Пример создания интерполяционной грид-модели (б) по точечной теме (а) [16]

Геостатистические методы основываются на статистических моделях, включающих анализ автокорреляции (статистических отношений между измеренными точками). В результате этого геостатистические методы не только имеют возможность создавать поверхности прогнозируемых значений, но и предоставляют оценку достоверности (точности) прогнозируемых значений. К подобным методам относят кригинг.

Особо выделяется инструмент «Топо в растр», использующий метод интерполяции, разработанный для создания непрерывных поверхностей по горизонталям, для целей гидрологического ГИС-анализа и моделирования.

Метод обратно взвешенных расстояний (ОВР) вычисляет значения ячеек по среднему от суммы значений точек замеров, находящихся вблизи каждой ячейки. Чем ближе точка к центру оцениваемой ячейки, тем больший вес, или влияние, имеет ее значение в процессе вычисления среднего [16, 28]. Этот метод предполагает, что влияние значения измеренной переменной убывает по мере увеличения расстояния от точки замера (рис. 3.16).

Сплайн рассчитывает значения ячеек на основе математической функции, минимизирующей кривизну поверхности, вычисляя наиболее ровную поверхность, точно проходящую через все точки измерений (рис. 3.17). Идея аналогична растягиванию резиновой пленки так, чтобы она проходила через все точки при минимизации кривизны поверхности [16, 28].

Кригинг похож на ОВР в том, что он учитывает вес окружающих измеренных значений для того, чтобы определить расчетное значение для ячейки, в которой не было произведено эмпирических наблюдений. Общая формула для обеих интерполяций представляет собой суммирование данных с учетом веса. Однако в кригинге вес зависит не только от расстояния между отдельной точкой измерения и точкой вычисления, но также от общего пространственного распределения точек замеров (рис. 3.18). Поступательный процесс включает в себя поисковый статистический анализ данных, моделирование вариограммы, создание поверхности и (дополнительно) изучение точности и достоверности полученной поверхности [16, 28].

Практика показывает, что создаваемые с помощью детерминированных и геостатистических методов интерполяции цифровые модели рельефа зачастую являются некорректными, т. е. неправильно воспроизводят рельеф земной поверхности на определенных участках. К таковым можно отнести русла рек и днища естественных и искусственных водоемов. Повышению качества моделей рельефа способствует максимальное использование неявной информации о рельефе (береговая линия водоемов, русла водных потоков и другая гидрографическая информация).

Для построения гидрологически корректной цифровой модели рельефа способом интерполяции используется *инструмент «Топо*

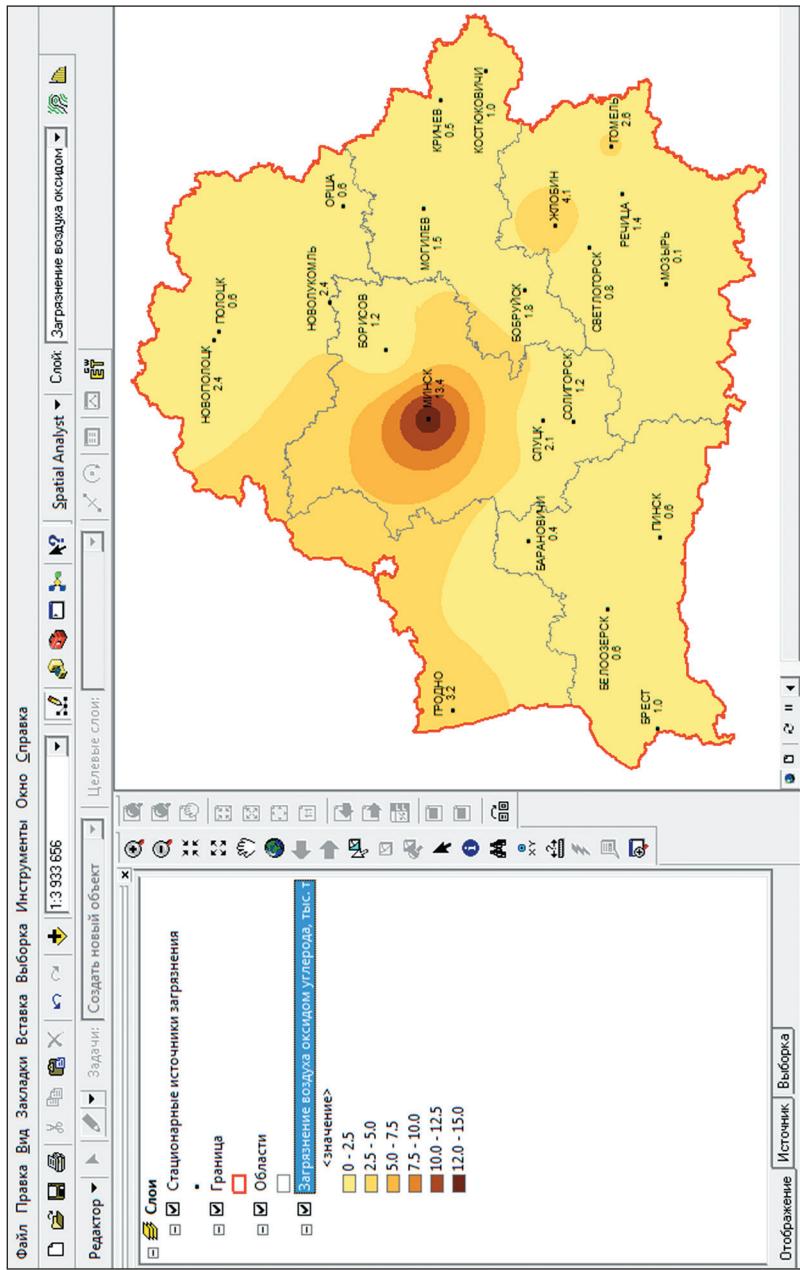


Рис. 3.16. Результат интерполяции грид-модели методом ОВР

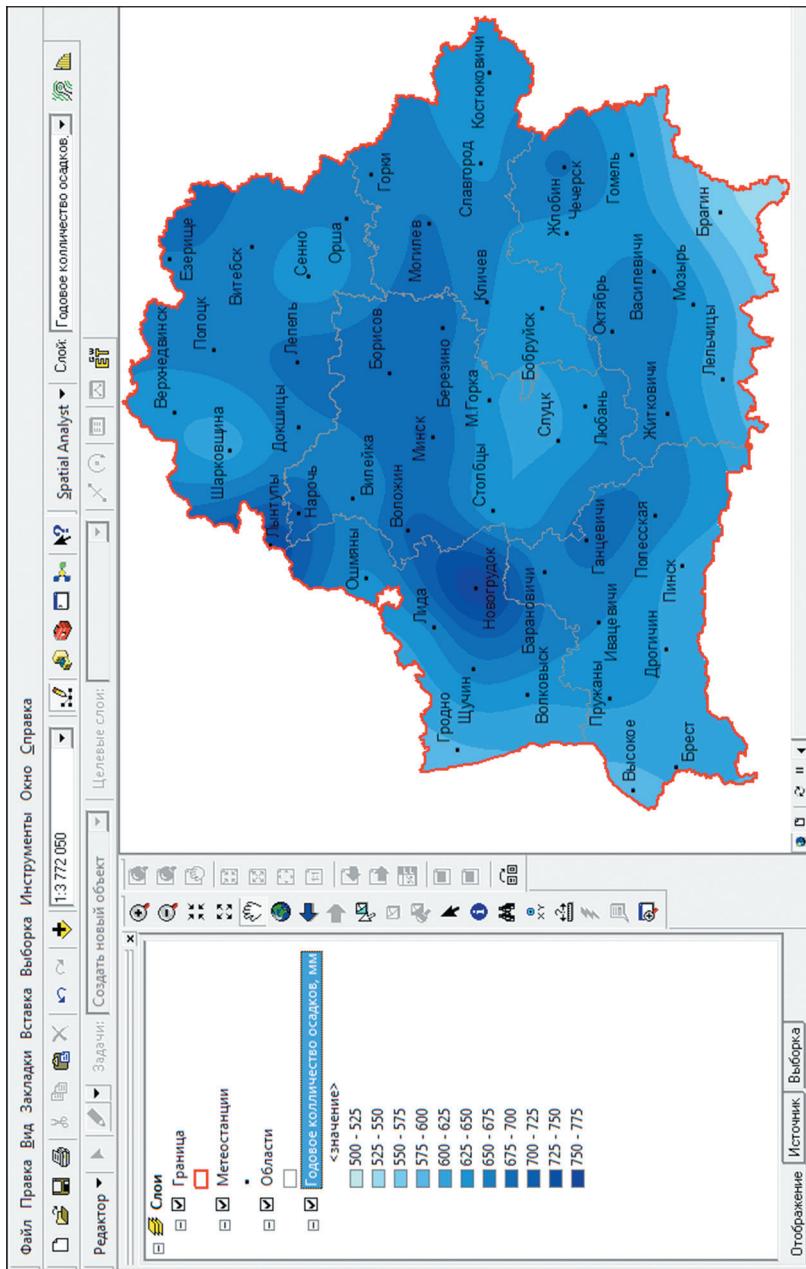


Рис. 3.17. Результат интерполяции грид-модели методом сплайна

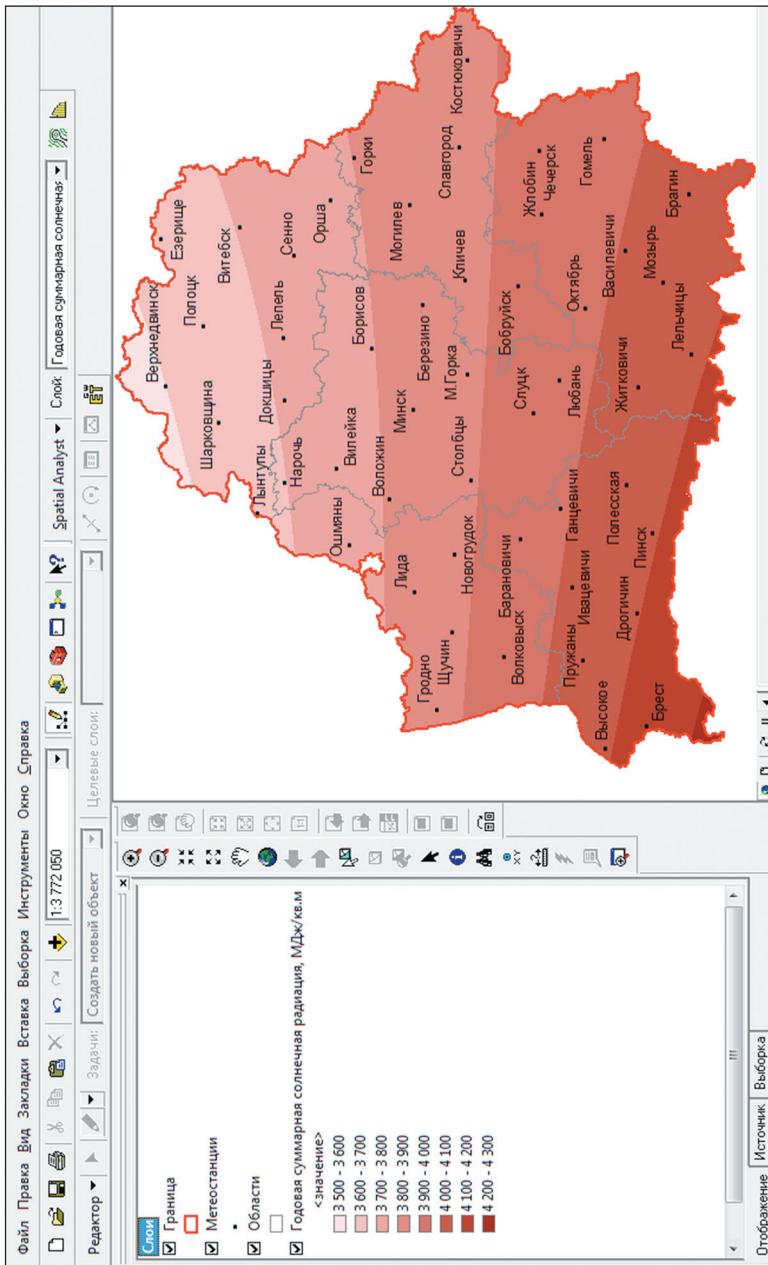


Рис. 3.18. Результат интерполяции грид-модели методом крипинга

в растр» [28]. При создании грид-модели рельефа учитывается не только пространственное положение горизонталей, отметок высот и урезов воды, но и расположение гидрографической сети, водоемов (озер, водохранилищ, прудов), локальных понижений рельефа (рис. 3.19).

Модель рельефа, созданная с помощью инструмента «Топо в растр», может быть использована при расчете основных характеристик поверхностного стока территории (направление стока, суммарный сток, длина линии стока), автоматической идентификации постоянных и временных водотоков и определении их порядка, а также при выполнении бассейновой и водосборной дифференциации территории.

Создание поверхности направления стока позволяет определить в пределах объекта исследований территории разнонаправленного (по сторонам света) стока. Модель суммарного стока рассчитывает количество ячеек грида, сток которых стремится в каждую последующую, находящуюся на более низком гипсометрическом уровне. Грид длины линии стока отражает время прохождения воды через весь бассейн.

На основе моделей, характеризующих поверхностный сток, с помощью инструментов алгебры растров автоматически идентифицируются постоянные и временные водотоки (рис. 3.20). Определение их порядка

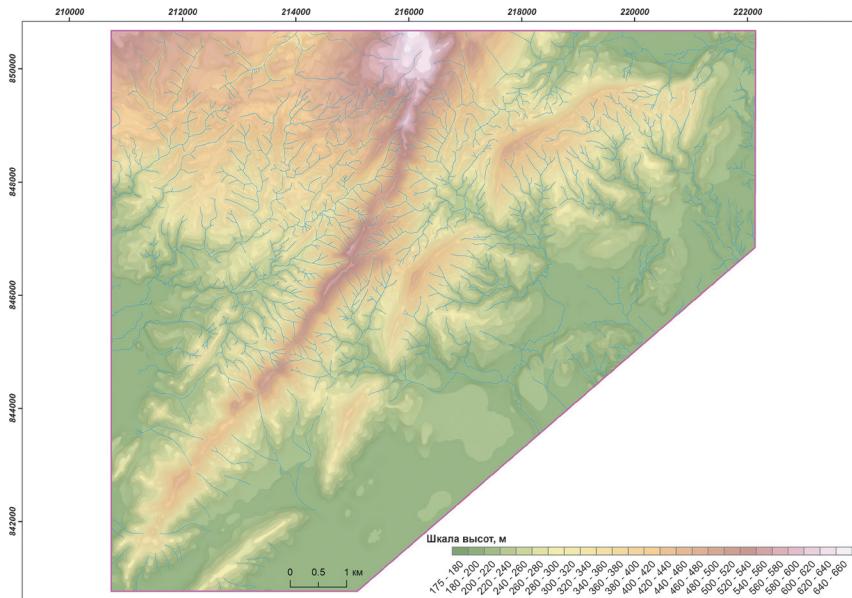


Рис. 3.19. Грид-модель рельефа, созданная инструментом «Топо в растр»

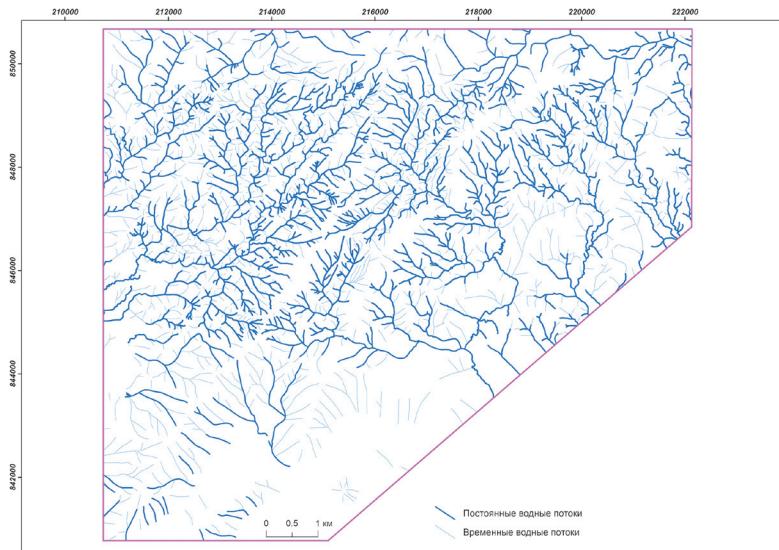


Рис. 3.20. Результат автоматической идентификации постоянных и временных водотоков по грид-модели рельефа, созданной инструментом «Топо в растр»

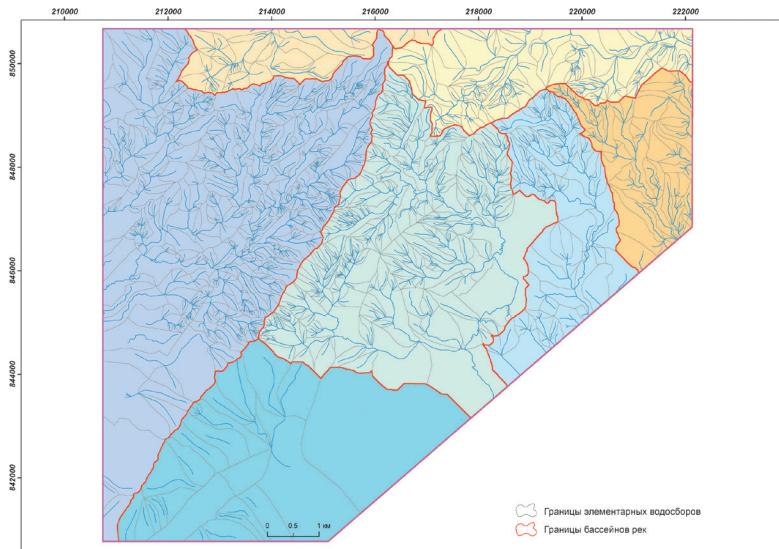
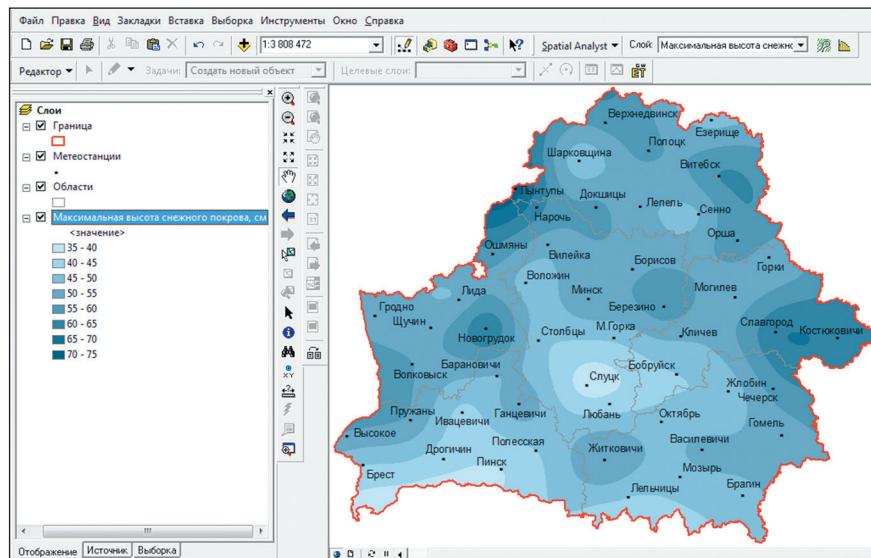
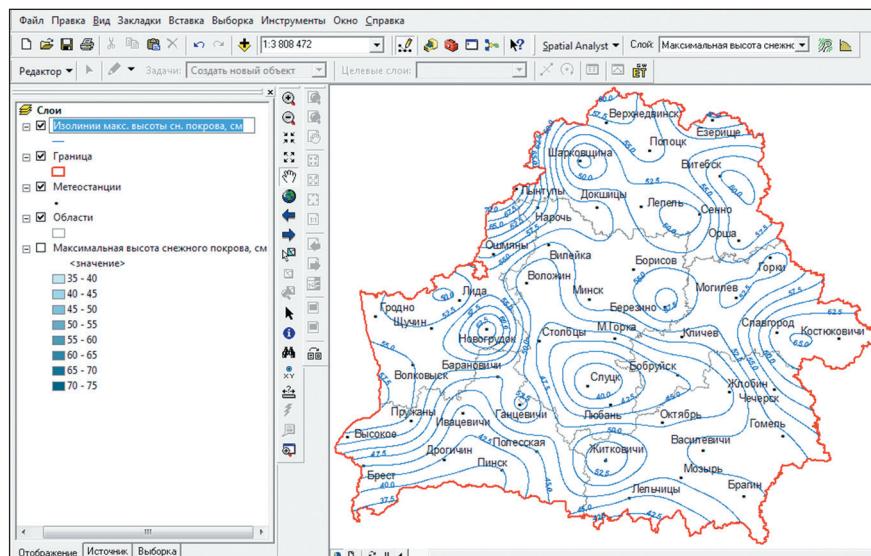


Рис. 3.21. Результат автоматической бассейновой и водосборной дифференциации территории по грид-модели рельефа, созданной инструментом «Топо в растр»

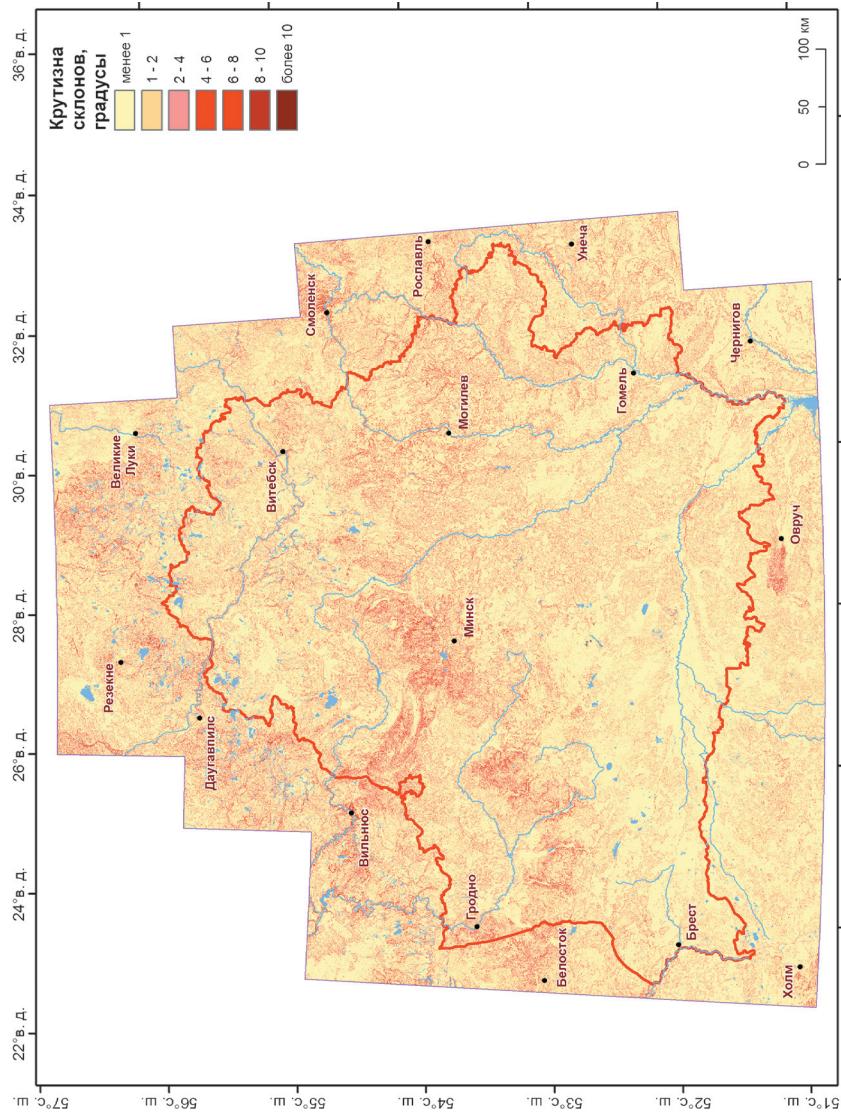


a



b

Рис. 3.22. Пример создания на основе грид-модели (а) изолиний (б)



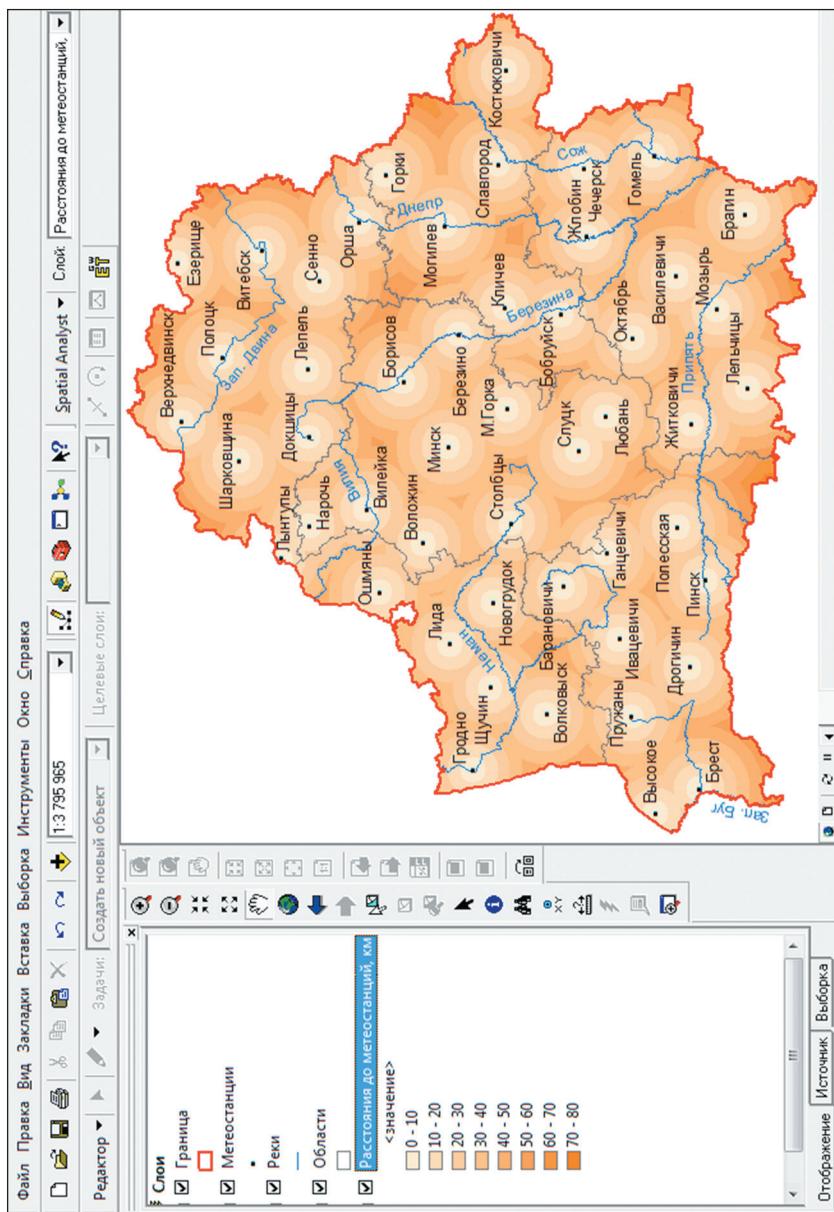


Рис. 3.24. Пример расчета трид-модели расстояний в ГИС

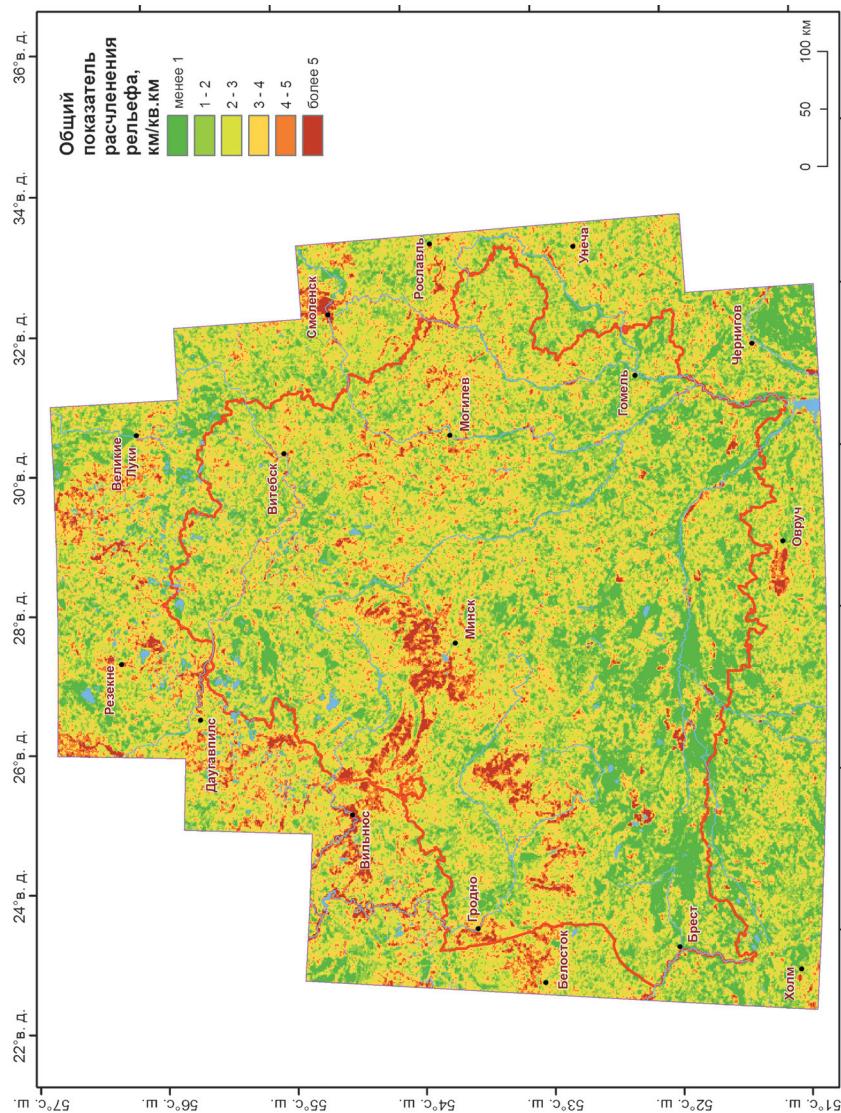


Рис. 3.25. Пример расчета грид-модели плотности

основывается на количестве притоков. В ГИС реализован расчет по методам Страллера и Шрива [28].

На завершающем этапе моделирования по грид-поверхности направления стока автоматически выделяются бассейны рек и локальные водосборы (рис. 3.21).

Среди методов *анализа поверхностей* в ГИС можно выделить построение изолиний и расчет морфометрических характеристик рельефа.

По созданной средствами интерполяции грид-поверхности (например, абсолютных высот, температур воздуха, осадков, загрязнения атмосферы, атмосферного давления и т. д.) в ГИС можно сформировать векторный слой *изолиний* (рис. 3.22). Они создаются в автоматическом режиме. Пользователю лишь остается выбрать интервал, через который они будут строиться, а также, при необходимости, минимальное и максимальное значения изолиний.

Грид-модель земной поверхности, созданная в ГИС, может служить основой построения в автоматическом режиме *морфометрических характеристик рельефа*, таких как экспозиция и крутизна склонов (рис. 3.23). По ней также возможно рассчитывать зоны видимости, строить гипсометрические профили и др. [16, 28].

Карттирование расстояний средствами растрового ГИС-анализа позволяет определить пространственную взаимосвязь каждой ячейки по отношению к источнику или набору источников [16]. В качестве примера можно привести расчет расстояний по отношению к слою метеостанций (рис. 3.24). По данной грид-модели можно проводить оптимизацию сети метеорологических наблюдений территории.

С помощью грид-моделей *плотности* в ГИС анализируется пространственное распределение точечных либо линейных векторных объектов [16, 28]. Примером такого растрового ГИС-анализа может служить расчет общего показателя расчленения территории (рис. 3.25).

Основными задачами *картографической растровой алгебры* являются переклассификация грид-модели, а также выполнение различных математических и статистических операций с гридами [16, 28].

Переклассификация растра означает замену входных значений ячеек новыми выходными значениями на основании новой информации при группировке значений или же при переклассификации значений по общей шкале.

С несколькими растрами можно производить математические вычисления с помощью различных операторов и функций, создавать запросы выбора ячеек, а также выполнять статистику по ячейкам, по окрестности и зональную статистику.

3.3. ТРЕХМЕРНОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ЧИСЛЕННОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОГОДЫ

Требования к пространственной геоинформации, содержащейся в цифровых картах, географических базах данных и ГИС, повышаются. Потребность в реалистичном отображении окружающего мира увеличивает значимость *трехмерного (3D) моделирования*. 3D-модели облегчают планирование, контроль и принятие решений во многих отраслях деятельности человека.

В ГИС фотoreалистичная 3D-сцена может создаваться на основе различных источников геопространственной информации: аэро- и космической съемки местности, фото- и видеосъемки объектов, геодезических измерений, полевых обследований, лазерного или сонарного сканирования, существующих картографических материалов и ГИС-данных.

Особенно удобно трехмерное моделирование для отображения и анализа в таких сферах, как геология, геоморфология, гидрометеорология, геодезия и картография, экология, проектирование инженерных сооружений, транспорт и др.

В качестве примера реализованных алгоритмов по представлению трехмерных моделей географических объектов можно указать на модуль ГИС ArcGIS — *3D Analyst* [29]. Он предоставляет сложные функции трехмерного и перспективного отображения, моделирования и анализа поверхностей (рис. 3.26). С помощью специальных инструментов можно вращать, а также просматривать поверхность «в полете» над ней, создавать трехмерные анимации. К 3D-поверхностям можно осуществлять запросы и «привязывать» базы данных.

Модуль выполняет такие функции представления и аналитики для географических объектов, как создание реалистичных моделей поверхности по разного рода исходным данным; определение высот поверхности в любой ее точке; определение того, что можно увидеть из данной точки обзора (взгляда); расчет объемов между двумя поверхностями.

ГИС-объекты в 3D-сцене могут быть представлены с помощью разнообразных 3D-символов, таких как дома, автомобили или нефтяные вышки для точечных объектов, текстура травянистой, водной и других поверхностей для полигональных объектов, трубопроводы и другие линейные текстуры для протяженных линейных объектов [14, 29].

Для создания поверхностей могут использоваться разнообразные исходные данные. По этим поверхностям 3D Analyst может рассчитывать и показывать высоты точек, профили, изолинии, рельеф с отмывкой (рис. 3.27), линии наибольших уклонов и др.

Эта новая информация, полученная с помощью функций анализа поверхности, может использоваться сама по себе или вместе с новыми

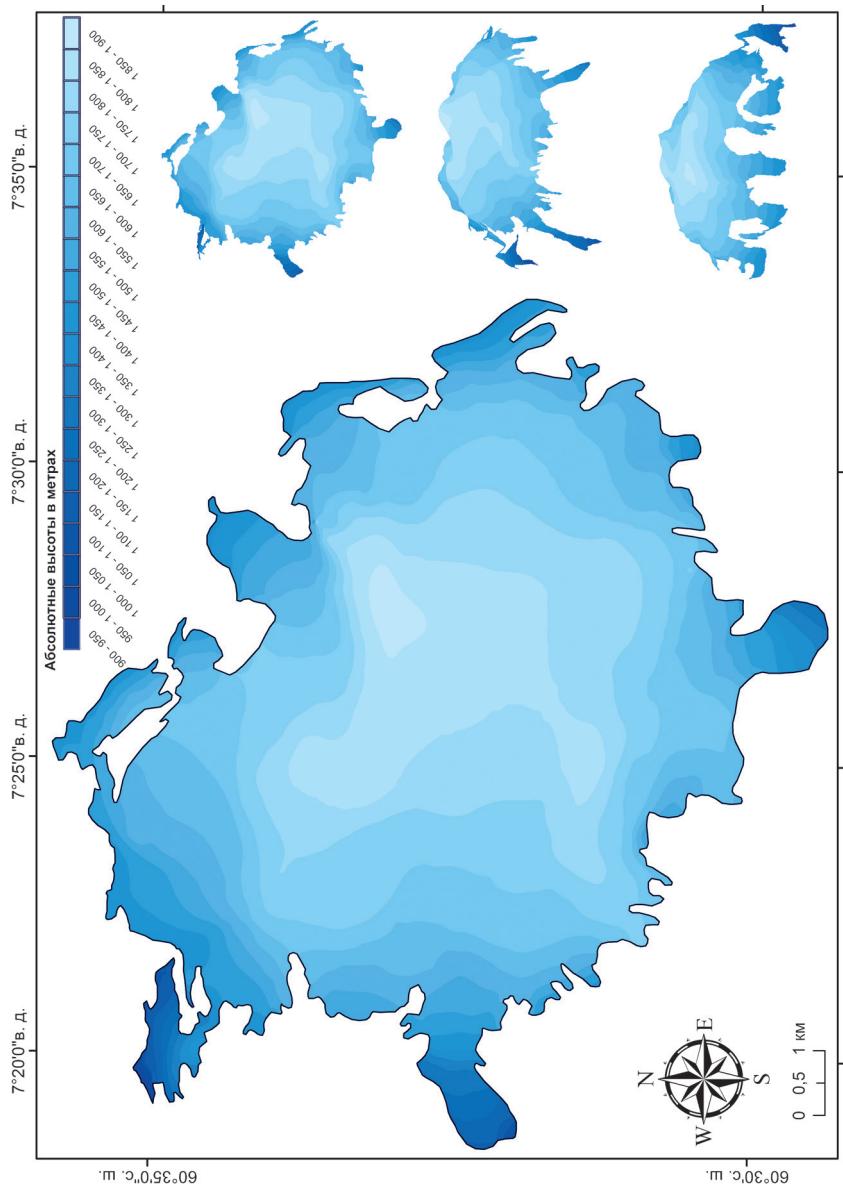


Рис. 3.26. Трехмерная модель ледника Хардангерйокулен (Норвегия)

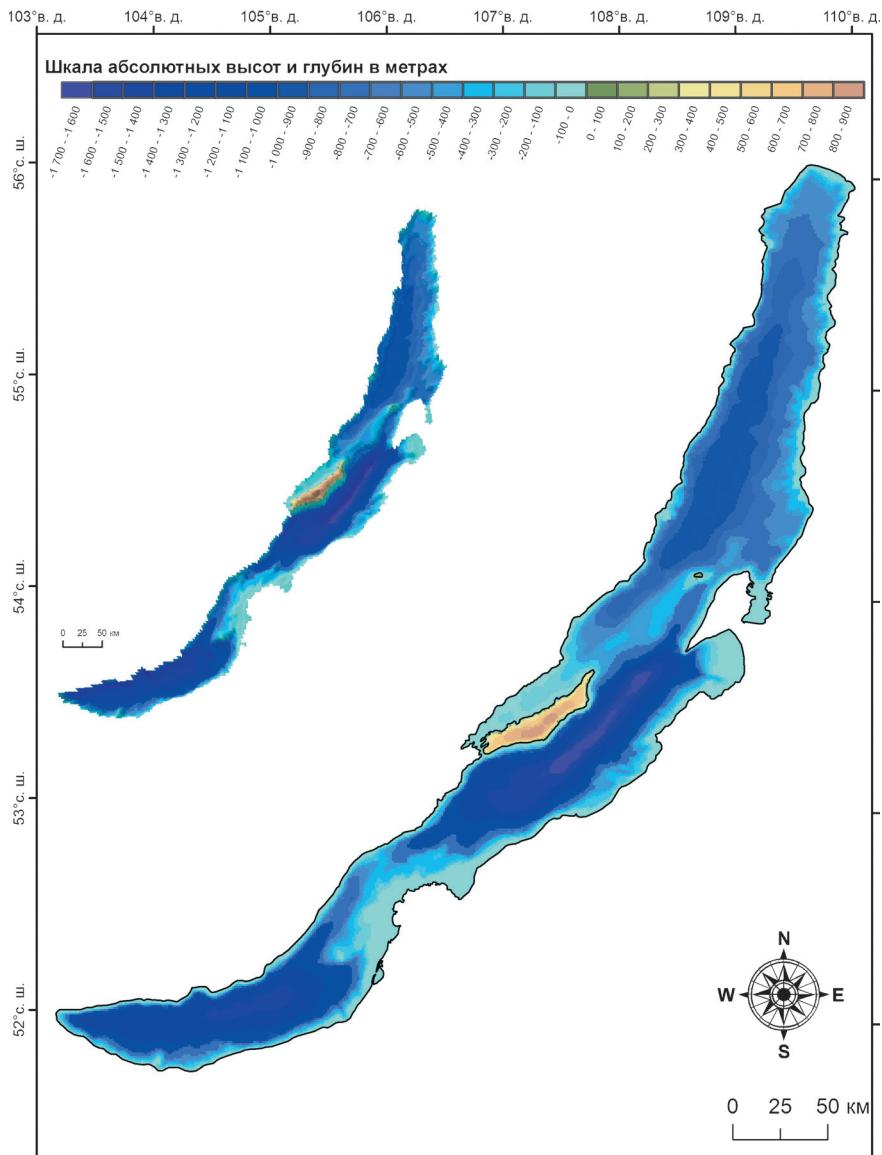


Рис. 3.27. Трехмерная модель озера Байкал

пространственными данными и функциями, являясь источником данных для проведения моделирования в ГИС-системах. Помимо средств создания и анализа поверхностей, модуль 3D Analyst предоставляет мощный инструментарий для создания и визуализации трехмерных перспективных изображений. Перспективные изображения более информативны, их легче воспринимать и интерпретировать.

Трехмерные перспективные сцены используют для отображения непрерывных пространственных явлений или процессов в виде трехмерных поверхностей. Их также можно дополнять векторными или растровыми 3D-объектами.

Чтобы создать перспективную 3D-сцену, необходимо задать три параметра, которые определяют ее отображение [14]:

- положение наблюдателя;
- вытягивание по вертикали (так называемый z -коэффициент, или z -фактор);
- положение источника освещения.

От *положения наблюдателя* зависит, какие геообъекты будут видны в конкретном 3D-виде. Оно подбирается опытным путем средствами вращения вида сцены до тех пор, пока ситуация не будет устраивать ГИС-специалиста. Поскольку вид трехмерной сцены будет поворачиваться относительно оси север — юг, важно показать на ней специальный символ стрелки севера.

При создании перспективных 3D-сцен необходимо определить специальный параметр (z -фактор), который позволяет усиливать изменения отображаемой поверхности по высоте [29].

Положение источника освещения в сочетании с влиянием z -фактора определяет моделируемые тени на перспективном 3D-виде и, следовательно, четкость отображения на нем геообъектов. Для задания положения источника света необходимо определить две величины: направление освещения и его угол [14, 29].

Численный прогноз погоды использует компьютерную математическую модель атмосферы для составления прогноза погоды. Хотя первые попытки использовать математические модели для прогнозирования погоды были сделаны в 1920-х гг., только с изобретением компьютера и компьютерного моделирования стало возможным осуществлять его в режиме реального времени. Данный процесс связан с обработкой огромного набора данных и выполнением сложных вычислений и может быть полноценно осуществлен только на мощных суперкомпьютерах.

Численная модель прогнозирования погоды — это компьютерная программа, построенная на основе физической системы уравнений и составляющая на основе текущих данных метеорологический прогноз. Эта

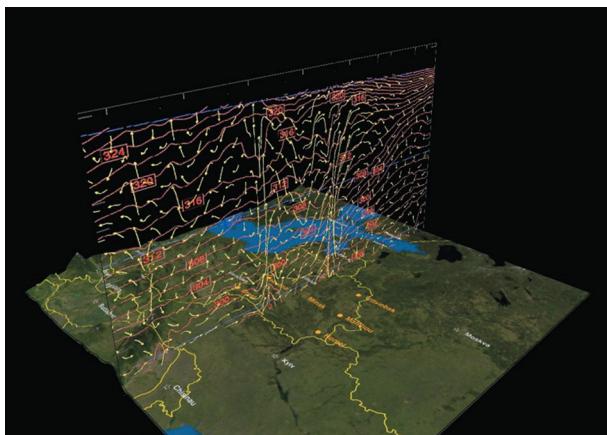
модель может быть глобальной, покрывающей всю Землю, или локальной, покрывающей отдельный участок планеты [5].

В основе моделей лежат математические уравнения, описывающие аэро- и термодинамические процессы в атмосфере и связывающие такие параметры, как плотность, скорость, давление и температуру. Они являются нелинейными и не имеют точного решения, поэтому для их решения используются численные методы. Исходные уравнения дискретизируются во времени и пространстве и превращаются в систему линейных уравнений, связывающую наборы физических параметров в выбранных точках (узлах вычислительной сетки). Чем больше используется точек для расчета, тем выше точность модели, но и тем выше требования к вычислительным мощностям ЭВМ.

В качестве исходных сведений для моделей используются данные метеозондов, метеоспутников и наземных метеостанций.

Комплексные компьютерные программы, также известные как прогностические модели, запускаются суперкомпьютерами и обеспечивают прогнозы на многие атмосферные переменные, такие как, например, температура, давление, ветер и количество осадков. Синоптики изучают, как характеристики, предсказанные компьютером, взаимодействуют между собой, что обеспечивает ту или иную погоду.

Недостатком метода численного прогноза погоды является то, что уравнения гидродинамики и термодинамики атмосферы могут быть решены только при некоторых ограничениях, а, следовательно, характеристики, выдаваемые компьютером, не являются точными. Это ведет



Rис. 3.28. Расчет распределения по вертикали потенциальной температуры и линий тока в WRF [23]

к определенной ошибке в прогнозах. Кроме того, могут существовать и пробелы в исходных данных, поскольку мы не можем постоянно фиксировать погоду в горных или пустынных районах, а также над океаном с той же плотностью сети наблюдений, как в пределах равнинных густонаселенных территорий. Если же начальное состояние не полностью известно, то компьютерные прогнозы того, как развивается начальное состояние, также не будут достаточно точными. Несмотря на эти недостатки

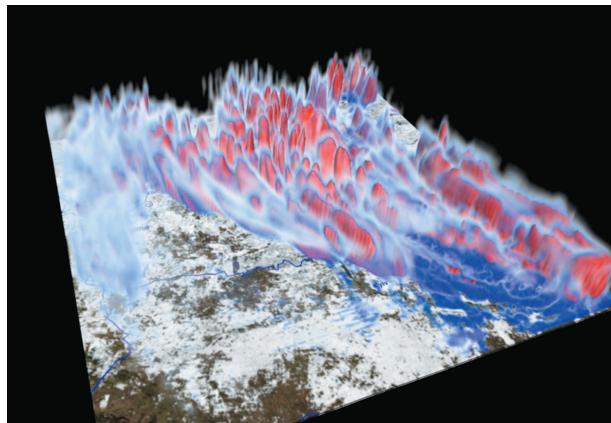


Рис. 3.29. Расчет распределения радиоэха (показано голубым цветом) и областей с высоким содержанием снежных кристаллов (показано красным цветом) в WRF [23]

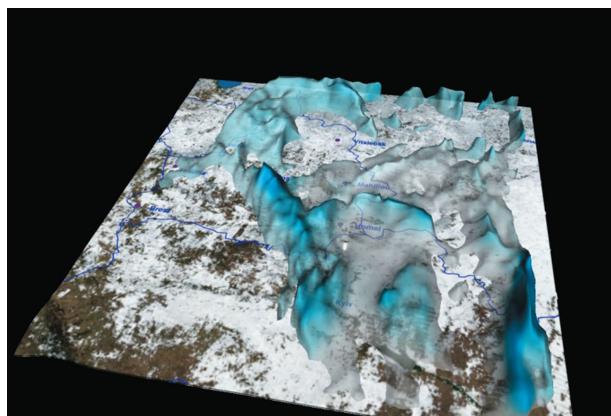


Рис. 3.30. Расчет распределения поверхности с высоким содержанием снежных кристаллов в WRF [23]

метод численного прогноза погоды является, несомненно, наилучшим среди известных методов предсказания повседневных изменений погоды [5].

Weather Research and Forecasting (WRF) — одна из наиболее современных и разработанных систем численного прогноза погоды и атмосферного моделирования. В настоящее время WRF позиционируется в качестве единого рабочего инструмента для совместного использования научно-исследовательскими учреждениями и метеослужбами.

В WRF при расчетах учитывается большое количество разнообразных геоданных, которые позволяют максимально учесть влияние земной поверхности на состояние атмосферы, а также используется негидростатическая система уравнений, что позволяет наиболее полно отразить

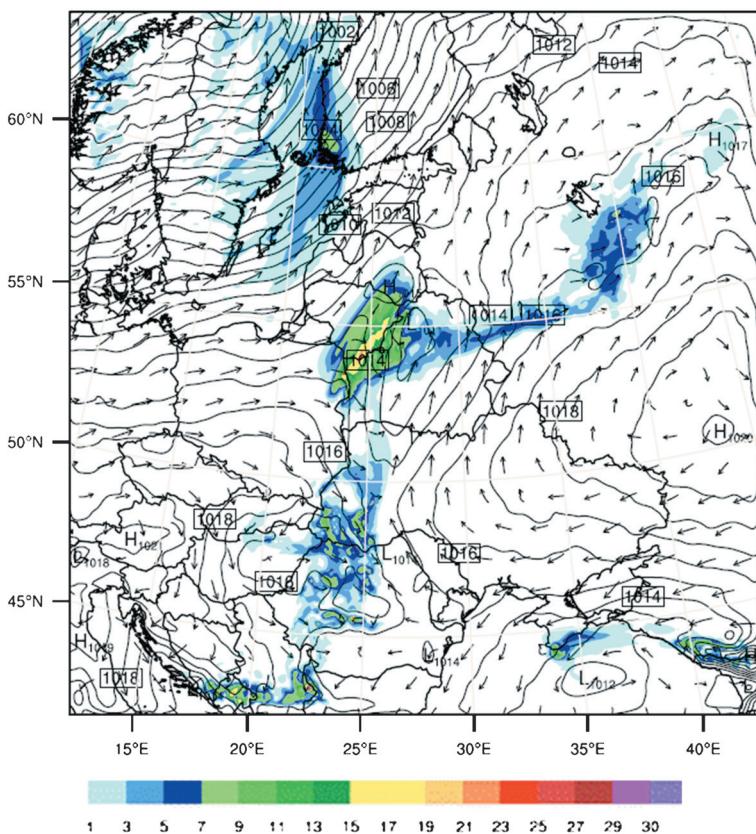


Рис. 3.31. Расчет сумм выпавших осадков по схеме Милбрэндта-Яу в WRF [23]

мезомасштабные процессы в атмосфере. Данная система прогноза используется в большинстве развитых стран мира и постоянно развивается [30].

Примеры работы с системой WRF показаны на рис. 3.28—3.31.

Вопросы и задания

1. Перечислите основные виды векторного ГИС-анализа.
2. Какие типы задач выполняются в ГИС в рамках элементарного пространственного анализа?
3. Для каких целей используют операции пространственной статистики?
4. Перечислите основные задачи расширенного пространственного анализа в ГИС.
5. Для каких моделей представления пространственных данных в ГИС применят сетевой анализ?
6. Перечислите основные виды растрового ГИС-анализа.
7. Какие методы интерполяции грид-моделей наиболее часто применяются в ГИС? Раскройте их сущность, укажите основные отличия.
8. Для каких целей применяют картирование плотности, расстояний и функции картографической растровой алгебры?
9. В чем заключаются особенности трехмерного моделирования в ГИС?
10. Изложите суть численного метода прогнозирования погоды.

4. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ГИС „МЕТЕО“» КАК ПРИМЕР РАЗВИТОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПО АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОГОДЫ

4.1. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ИНТЕРФЕЙС ГИС «МЕТЕО»

Комплекс «ГИС „Meteo“» представляет собой программную среду, предназначенную для создания геоинформационных проектов гидрометеорологического характера с возможностью вывода их на печать либо экспорта в растровый формат при публикации в сети Интернет.

Программный комплекс (ПК) «ГИС „Метео“» позволяет организовать оперативную работу гидрометеорологов. Геоинформационные проекты создаются здесь на основе данных, поступающих по каналам глобальной сети Всемирной метеорологической организации (ВМО), через Интернет, а также со спутников, объектов радиолокационного зондирования и др., что способствует организации работы гидрометцентра любого ранга.

ПК «ГИС „Метео“» состоит из геоинформационной системы, ее различных компонент, метеорологической базы данных, отдельных приложений, а также из многочисленных технологических средств сбора и распространения данных [3, 8]. ГИС «Метео» предоставляет пользователю удобный интерфейс для работы с электронными картами, графиками, диаграммами и т. п. Приложения к программному комплексу реализуют большое число расчетных методов, разработанных в организациях Федеральной службы Российской Федерации по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и за рубежом. ГИС «Метео» при помощи различных компонент по заранее подготовленному сценарию автоматически или в интерактивном режиме подготавливает многочисленные слои информации на фоне географической карты любого масштаба. Такое совмещение слоев на мониторе компьютера позволяет осуществлять безбумажную технологию работы синоптика по анализу и прогнозу погоды. ПК «ГИС „Метео“» сертифицирован в Росгидромете и рекомендован для использования во всех его подразделениях [2]. Программный комплекс применяется в работе учреждений Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

ГИС «Метео» позволяет пользователю [8]:

- 1) изготавливать географическую основу электронной карты любой территории;
- 2) выбирать метеорологические параметры из базы данных и наносить их на электронную карту в различных формах (значения, изолинии, пансоны, цветное поле и др.);
- 3) выбирать и наносить на электронную карту в различных формах монтажи из снимков метеорологических спутников Земли;
- 4) проводить на электронной карте фронтальные линии и линии других типов;
- 5) строить на электронной карте траекторную модель по фактическим и прогностическим данным;
- 6) формировать сопровождающий текст к электронной карте;
- 7) наносить на электронную карту названия городов и/или индексы метеостанций;
- 8) запоминать изготовленные электронные карты для использования в дальнейшей работе;
- 9) создавать электронные карты автоматически по заданному расписанию;
- 10) выводить электронные карты на печатающее устройство;
- 11) экспорттировать электронные карты в растровый формат для дальнейшей публикации в сети Интернет.

ПК «ГИС „Метео“» формирует электронные карты на основе оперативной информации, поступающей со всего земного шара с наземных гидрометеостанций и постов, морских и океанических станций, со средств дистанционного зондирования атмосферы. По данным различных гидродинамических моделей, рассчитываемых в метеорологических центрах России (г. Москва, г. Новосибирск), Великобритании (г. Рединг, г. Эксетер), США (г. Вашингтон), Германии (г. Оффенбах), создаются карты с прогнозистическими параметрами различной заблаговременности (до 168 ч).

Осуществление оперативной работы в технологии ГИС «Метео» проходит с помощью *автоматизированного рабочего места (АРМ) синоптика*, авиационного синоптика, агрометеоролога, гидролога [21].

АРМ синоптика позволяет организовать работу любого метеорологического центра в целях оперативного создания следующих видов продукции:

- 1) приземных карт погоды, карт абсолютной и относительной топографии, монтажей снимков орбитальных и геостационарных искусственных спутников Земли;
- 2) прогнозистических карт давления, геопотенциала, температуры, влажности, ветра;
- 3) карт прогнозов осадков с определением их фазового состояния, прогнозов облачности и фронтальных зон;
- 4) карт прогнозов вертикальных скоростей ветра и турбулентности по модели пограничного слоя;
- 5) траекторных расчетов по аэрологическим данным и данным объективного анализа и прогноза полей геопотенциала или ветра;
- 6) фактических и прогнозистических стратификаций температуры, влажности, ветра на бланках аэрологических диаграмм и расчетов по ним;
- 7) вертикальных разрезов атмосферы;
- 8) синоптических таблиц и таблиц осадков, графиков изменения метеопараметров.

АРМ авиационного синоптика-прогнозиста наряду с подготовкой вышеперечисленных видов продукции позволяет оперативно работать с текстами телеграмм в авиационных кодах и с голосовым воспроизведением аэродромных сводок погоды, а также предоставляет возможность создавать специализированные карты: вертикальных разрезов по маршруту полета воздушного судна с расчетом его истинной скорости; прогнозов явлений погоды, опасных для авиации (грозы, болтанки, обледенения и т. п.).

АРМ гидролога-прогнозиста позволяет решать следующие задачи гидрологического подразделения:

1) мониторинг состояния больших, средних, а также малых рек и водохранилищ, систематизация данных гидрологических наблюдений, контроль за состоянием снежного покрова в лесу и на сельскохозяйственных территориях;

2) прогнозы величин расхода воды и объема стока, притока воды в водохранилища, прогнозы времени наступления характерных явлений водного режима и ледовых явлений, прогнозы толщины льда, предельных значений гидрологических явлений, специализированные прогнозы, консультации и справки о режиме водных объектов для различных отраслей хозяйства (энергетики, водного транспорта, водообеспечения);

3) долгосрочные прогнозы (предупреждения об опасности гидрологических явлений, прогнозы высоты ветровой волны на озерах и водохранилищах.

АРМ агрометеоролога обеспечивает мониторинг и агрометеорологические прогнозы начала сельскохозяйственных работ, влагозапасов в различных слоях почвы под сельскохозяйственными культурами, мониторинг и фенологию сельскохозяйственных культур, включая повреждения культур, прогноз начала сезона вегетации, ранних весенних и осенних заморозков, фенологические прогнозы сельскохозяйственных культур, прогноз морозобойных явлений различных сельскохозяйственных культур, ведение ежедневных и декадных таблиц.

ПК «ГИС „Метео“» (вариант ГИС «Метео „Океан“») дает возможность службам морских гидрологических прогнозов решать такие задачи, как:

1) составление краткосрочных прогнозов, прогнозов малой заблаговременности, а также долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов;

2) подготовка прогнозов высоты ветровых волн и волн зыби по отдельным участкам прибрежной зоны, отдельным районам моря или океана, сгонно-нагонных колебаний уровня моря с указанием времени наступления экстремальных уровней, состояния уровня воды в отдельных точках;

3) подготовка прогнозов ледовых условий по отдельным районам, положения кромки и границ льда, направления и скорости дрейфа льда, температуры воды на различных горизонтах, глубины залегания слоя скачка, скорости и направления течений по отдельным пунктам или районам моря (океана).

Для экологов реализован комплекс ГИС «Метео „Эко“», обеспечивающий мониторинг состояния загрязнения воздуха и радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также прогноз неблагоприятных метеорологических (экологических) условий в населенных пунктах в зависимости от метеорологических условий, прогноз метеорологических условий, определяющих высокое загрязнение воздуха.

Работа пользователей в окне ГИС «Метео» осуществляется с помощью стандартных **элементов интерфейса**: главного меню и контекстных меню диалоговых окон.



Рис. 4.1. Интерфейс ПК «ГИС „Метео“»

Главное окно ГИС «Meteo» (рис. 4.1) присутствует на экране в течение всей работы с ГИС. Пункты главного меню ГИС «Метео» следующие [8]:

- меню «Файлы» содержит команды работы с архивами слайдов, записи текущего слайда в растровый формат, печати слайда, настройки режима работы ПК и выбора текущих метеорологических баз данных;
- меню «Слайды» содержит команды работы со слайдами: создание нового слайда, выбор текущего слайда для работы, внесение изменений в слайд, сопровождение слайда комментарием, управление отображением шкалы;
- меню «Добавить» предназначено для нанесения на слайд метеорологической, гидрологической, климатологической и т. п. информации, а также информации описательного и оформительского характера;
- меню «География» предназначено для управления географической основой слайда;
- меню «Обзор» содержит команды масштабирования слайда, позволяющие отображать на экране (и выводить на печатающее устройство) выбранный участок слайда в укрупненном виде;
- меню «Справка» содержит информацию о разработчике и настоящей версии ГИС «Метео», условиях аренды программного комплекса и справочные сведения по работе с ГИС «Метео».

4.2. ОБЪЕКТЫ ГИС «МЕТЕО»

4.2.1. Слайды

Основным объектом, с которым работает гидрометеоролог в ПК «ГИС „Метео“», является слайд (рис. 4.2). Слайд представляет собой электронную карту, отражающую информацию гидрометеорологического характера.

В процессе оперативной работы пользователя в геоинформационной среде создаются слайды, хранящиеся с автоматически устанавливаемой датой и временем создания, а также с присвоенным именем. При создании нового слайда в качестве географической основы можно использовать образцы уже готовых слайдов из «Общего архива» либо подготовить их самостоятельно и хранить в «Личном архиве» (рис. 4.3).

Созданный в процессе работы слайд можно сохранить, используя один из трех способов хранения [8]:

- 1) в рабочей «карусели»;
- 2) в архивах образцов слайдов;
- 3) в долговременных архивах.

Все создаваемые пользователем слайды сохраняются в рабочей «карусели» программы автоматически, а в двух других видах архивов — в результате выполнения специальных команд. «Карусель» рассчитана на фиксированное количество слайдов, которое задается при установке ГИС «Метео» (чаще всего — 40 слайдов). Места в «карусели» используются циклически: при образовании нового слайда из «карусели» исключается самый старый (рис. 4.4).

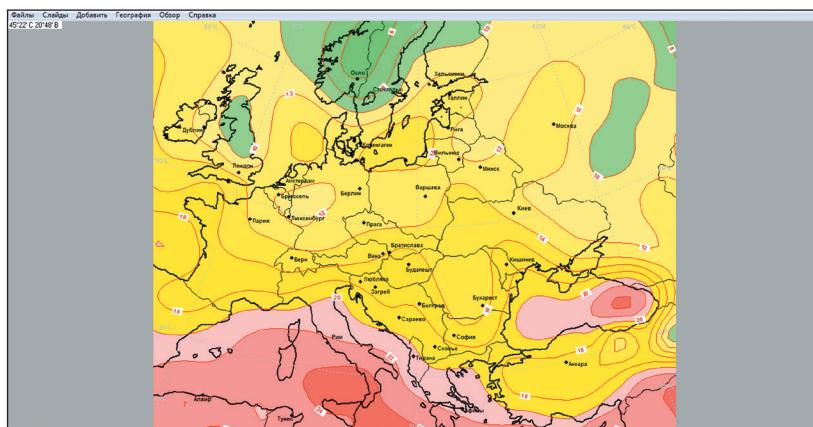


Рис. 4.2. Пример слайда ГИС «Метео»
(компоненты «География», «Города», «Синоптика (температура воздуха)»)

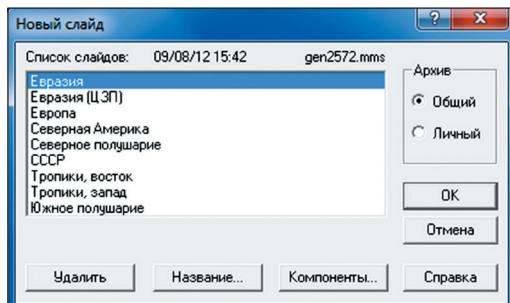


Рис. 4.3. Выбор образца слайда из общего программного архива ГИС «Метео»

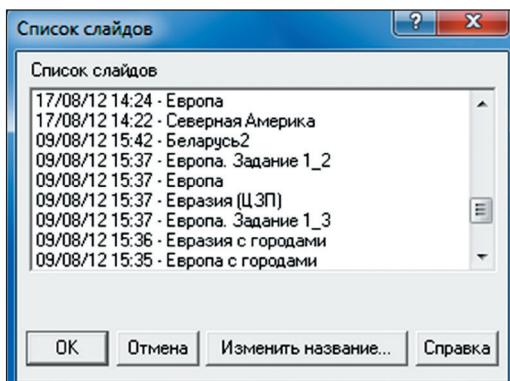


Рис. 4.4. Рабочая «карусель» слайдов ГИС «Метео»

Слайд, с которым гидрометеоролог работает в данный момент, называется *текущим*. На экране может быть одновременно показан только один текущий слайд из рабочей «карусели». Если нужный слайд находится в архиве, то его необходимо загрузить в «карусель». Таким образом, он может стать текущим, т. е. отображаться на экране компьютера в данный момент.

ГИС «Метео» позволяет создавать новые слайды, помещать на них различную информацию, увеличивать участки слайда, снабжать их комментариями, печатать и сохранять слайды в различных растровых форматах и т. д. Имеется возможность автоматического циклического просмотра созданных пользователем слайдов.

Удаление текущего слайда в окне ГИС «Метео» с экрана невозможно, можно только заменить его другим, либо выбранным из рабочей «карусели», либо вновь созданным.

4.2.2. Компоненты и основные действия с ними, настройка параметров компонент

Слайд в ПК «ГИС „Метео“» несет в себе набор компонент (слоев электронной карты), отображающих гидрометеорологическую информацию, относящуюся к определенной географической территории, и в совокупности представляющих собой геоинформационный проект.

Компонентой называют часть (или слой) слайда, отображающую некоторую отдельную совокупность пространственной информации определенной тематики, представленную векторными либо растровыми, либо грид-моделями (рис. 4.5). В ГИС «Метео» компоненты разделены на три основных типа: географическая, обычная и уникальная [8].

Географическая компонента включает в себя наборы векторов пространственных ориентиров электронной карты (координатная сетка, береговая линия, реки и озера, границы государств и др.). На любом слайде обязательно присутствует слой данной компоненты. В процессе работы можно вносить различные изменения по визуализации и символизации географической компоненты.

Другие компоненты ГИС «Метео» позволяют наносить на слайд векторные, растровые и грид-темы гидрометеорологической или иной информации.

Обычные компоненты делятся на информационные, расчетные и сервисные. Обычная компонента создается многократно. Имя компоненты, как правило, соответствует тому виду гидрометеорологической информации, который она в себе несет. Отдельный слайд может содержать любое количество обычных компонент.

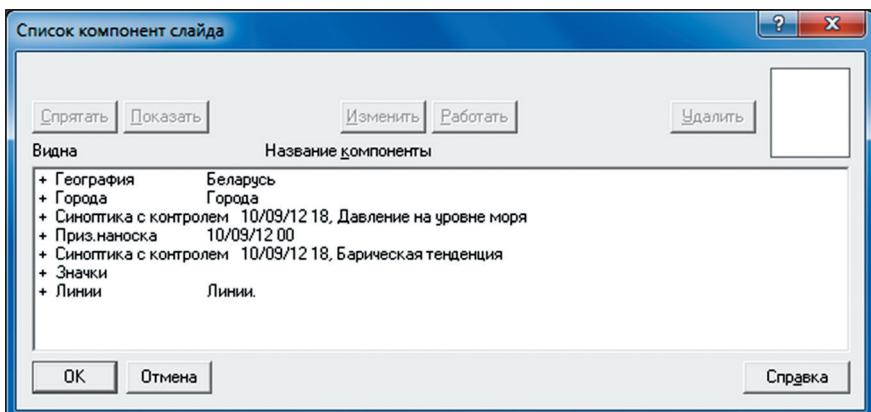


Рис. 4.5. Набор компонент слайда

Уникальная компонента создается на каждом слайде только один раз. К уникальным относится компонента «Спутник».

С компонентами слайда можно выполнять следующие **действия** [8]:

• удалять или временно прятать одну или несколько компонент слайда (за исключением географической компоненты);

• изменять форму представления данных, отображаемых компонентой;

• переходить в режим интерактивного взаимодействия с компонентой (работать), например, корректировать значения метеорологических параметров.

В процессе нанесения на слайд обычной компоненты выполняется **настройка параметров**, таких как срок, параметр, форма представления информации (рис. 4.6).

В диалогах настройки практически любой компоненты существует группа **срок**, позволяющая устанавливать нужную дату и срок наблюдения либо дату и исходный срок прогноза, а также группа **параметр**, указывающая вид метеорологической информации, наносимой на слайд.

В информационных и расчетных компонентах можно выбрать для нанесения данных на карту одну или несколько **форм представления**: цветной код, цифры, цветное поле, изолинии. При выборе формы представления следует иметь в виду, что цветное поле (интерполяционное грид-поле гидрометеорологического параметра) и цветной код (окрашенные квад-

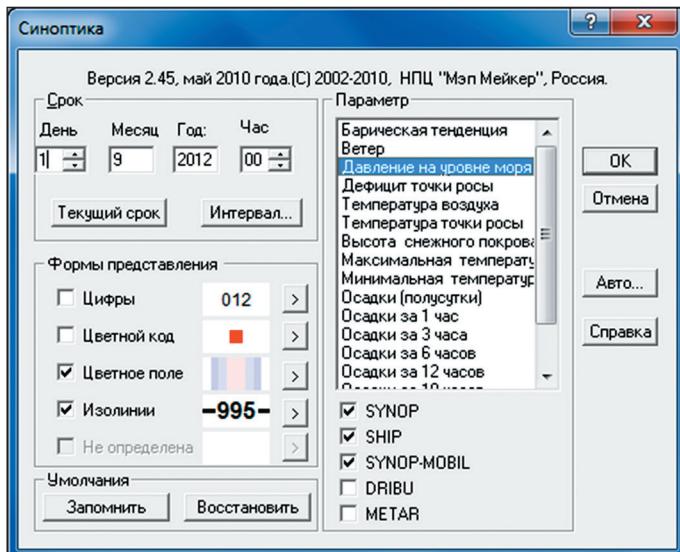


Рис. 4.6. Настройка параметров компоненты

ратики, соответствующие положению станций, с которых поступили данные) не могут отображаться на экране одновременно. Аналогично не будут видны цветные поля сразу двух компонент, присутствующих на слайде, а только той, которая стоит первой в списке компонент слайда.

4.2.3. Обзор компонент ГИС «Метео»

Вся гидрометеорологическая информация наносится на текущий слайд в виде отдельных слоев — компонент. Каждая компонента позволяет нанести на слайд только один параметр в определенной форме представления.

С оформления *географической компоненты* в ПК «ГИС „Метео“» начинается создание любого слайда. Она представляет собой картографическую основу слайда с набором следующих геообъектов векторного и грид-типов [8]:

- широтно-долготная сетка;
- береговая линия;
- реки и озера;
- границы стран;
- границы областей (для стран СНГ);
- границы экономических районов (для стран СНГ);
- рельеф суши и морского дна.

Пользователь может выбрать любой набор географических объектов, видимых на карте, тип и цвет линейных векторов, их изображающих. Можно также показать грид-поверхность гипсометрии суши и моря (рис. 4.7). На основе географической компоненты можно определять

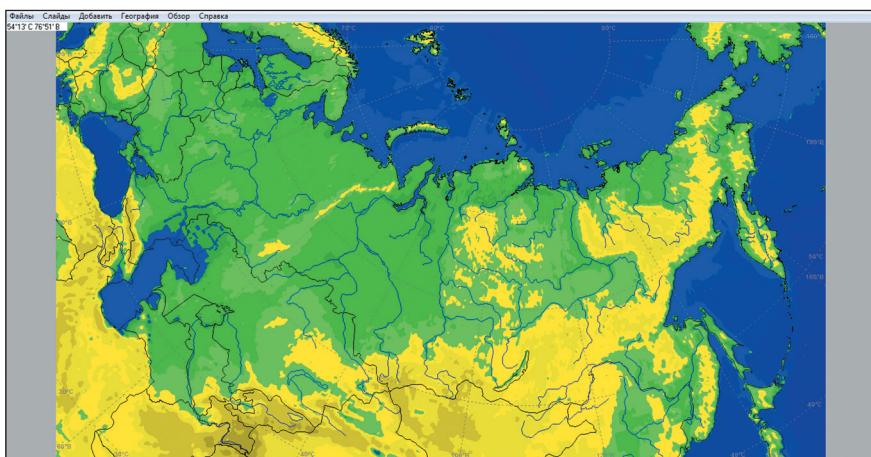


Рис. 4.7. Географическая компонента слайда

расстояние (в километрах) между пространственными объектами, масштаб карты, а также координаты геообъектов.

К обычным (информационным) компонентам относятся «Приземная наноска», «Синоптика», «Синоптика с контролем», «Аэрологическая наноска», «Аэрология», «Погода» и ГРИБ (ГРИД) [8, 21].

Компонента «Приземная наноска». Отображает на экране синоптические данные наблюдений, поступающие в коде КН-01 (SYNOP), в виде стандартных метеорологических пуансонов. Информация отбирается из базы данных за указанный срок для каждой метеорологической станции, попавшей в границы текущего слайда. Поскольку наносимый пуансон имеет довольно большие размеры, количество станций, отображаемых на экране дисплея, существенно зависит от масштаба. При мелком масштабе карты наноска в виде пуансона располагается на ней таким образом, чтобы не происходило значительного взаимного перекрытия информации соседних станций, т. е. отображаются данные лишь части станций (рис. 4.8). При увеличении экстента автоматически выполняется отображение большего количества станций с данными.

В процессе работы со слайдом пользователь может изменять размер пуансона, плотность и цвет наноски, а также отключать или включать отдельные элементы пуансона.

Компонента «Синоптика». С ее помощью пользователь может создать на слайде отдельные поля метеорологических параметров для анализа текущих данных о погоде (барическая тенденция, ветер, давление на уровне моря, дефицит точки росы, температура воздуха, температура точки росы,



Рис. 4.8. Слайд с компонентой «Приземная наноска»

высота снежного покрова, максимальная и минимальная температура, температура почвы, осадки за сутки, полусутки, за 1, 3, 6, 12, 18 ч), используя любые формы представления: цифры, цветной код, цветное поле, изолинии. Одной командой «Синоптика» на слайд может быть нанесен только один из параметров. Для совмещения нескольких параметров необходимо выполнить команду добавления компоненты для каждого параметра отдельно. При этом на слайде появится соответствующее количество компонент с названием соответствующего параметра (рис. 4.9).

Компонента «Синоптика с контролем». Ее функциональные возможности аналогичны компоненте «Синоптика». Кроме того, данная компонента позволяет восполнить текущие метеорологические данные результатами прогноза для районов с редкой сетью наблюдений, а также осуществить контроль (отбраковку) данных (рис. 4.10).

Алгоритм автоматического контроля данных состоит в следующем. Предполагается, что метеорологические параметры не могут изменяться по пространству с градиентом выше заданного. Подбираемый эмпирическим путем градиент сохраняется, как и все настройки, в файле умолчаний. Построение поля метеорологических величин происходит в результате интерполяции отобранных данных. При этом исключаются (отбраковываются) данные, градиент которых превышает заданный [8].

Компонента «Аэрологическая наноска». Позволяет отображать на слайде аэрологическую информацию, поступающую в коде КН-04, в виде стандартных метеорологических пуансонов (рис. 4.11). Построение карты

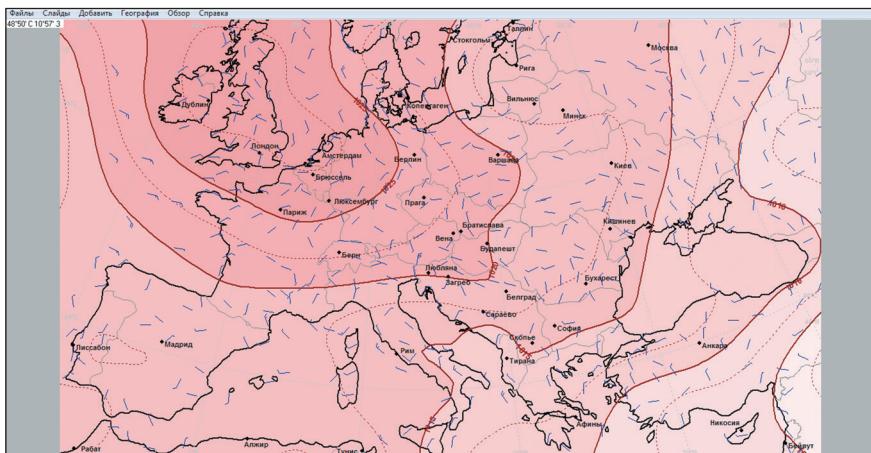


Рис. 4.9. Слайд с компонентой «Синоптика»
(параметры «давление на уровне моря» и «ветер»)

с аэрологическими данными возможно для любой стандартной изобарической поверхности (1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20 или 10 гПа), на уровнях тропопаузы и максимального ветра. Информацию с аэрологических станций можно дополнить данными спутниковых измерений о ветре и средней температуре.

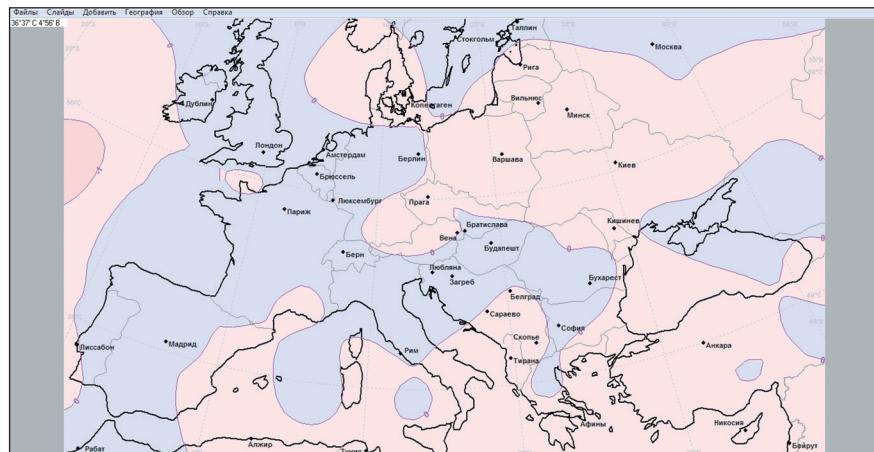


Рис. 4.10. Слайд с компонентой «Синоптика с контролем» (параметр «барическая тенденция»)



Рис. 4.11. Слайд с компонентой «Аэрологическая наноска» (поверхность 700 гПа)

Компонента «Аэрология». Предназначена для нанесения на карту аэрометрических данных в виде полей отдельных метеорологических параметров: температура воздуха, геопотенциал, скорость ветра, дефицит точки росы на уровне станции и на стандартных изобарических поверхностях (рис. 4.12). Кроме того, в этой компоненте можно строить карты относительной барической топографии.

Компонента «Погода». Обеспечивает отображение на слайде явлений погоды (гроза, морось, осадки, ливень, снег, туман, пыльная буря, метель, порывы ветра, шквал, смерч, град и облачность), передаваемых в коде КН-01 (SYNOP) (рис. 4.13).

Компонента ГРИБ (ГРИД). Необходима для отображения метеорологических полей (геопотенциал, давление, температура воздуха, температура точки росы, дефицит точки росы, влажность, осадки, температура воды; высота, направление и период волнения; высота, направление и период зыби; обледенение, турбулентность и др.), поступающих по каналам связи в кодах ГРИБ (ГРИД). В этих кодах передаются данные анализов и прогнозов в узлах регулярных географических сеток. В коде ГРИД данные передаются в цифровом виде, а в коде ГРИБ — в бинарном (двоичном), что позволяет существенно увеличить объем передаваемых данных в единицу времени [8]. В компоненте ГРИБ (ГРИД) доступно большое количество уровней и сеток с высоким разрешением (рис. 4.14).

После выполнения команды ГРИБ (ГРИД) нужно задать исходный срок прогноза, имя параметра, изобарическую поверхность, заблаговре-

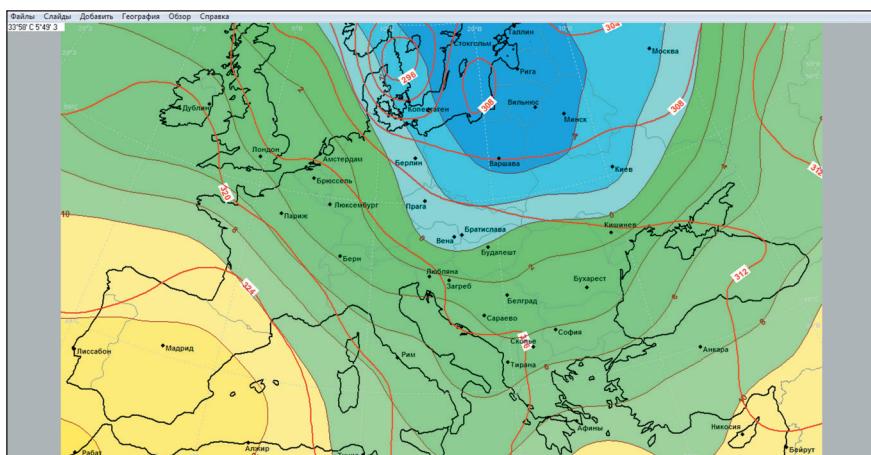


Рис. 4.12. Слайд с компонентой «Аэрология». Поверхность — 700 гПа, параметры: температура (цветное поле и изолинии) и геопотенциал (изолинии)

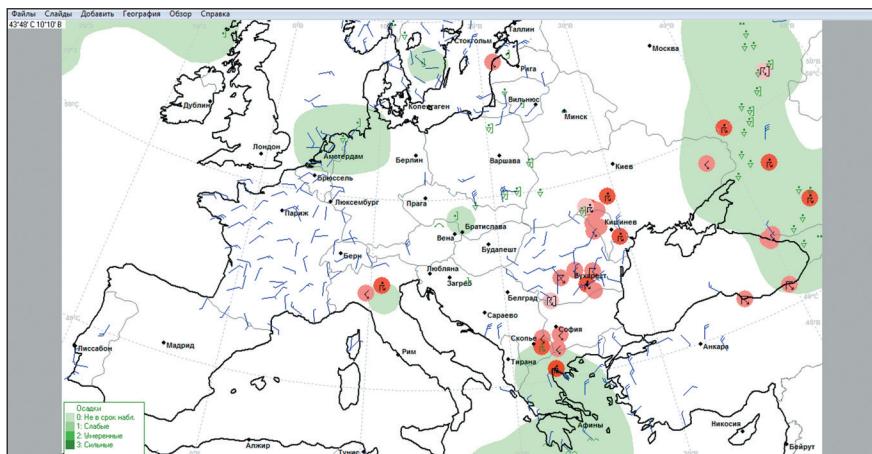


Рис. 4.13. Слайд с компонентой «Погода»
(осадки, гроза и порывы ветра)

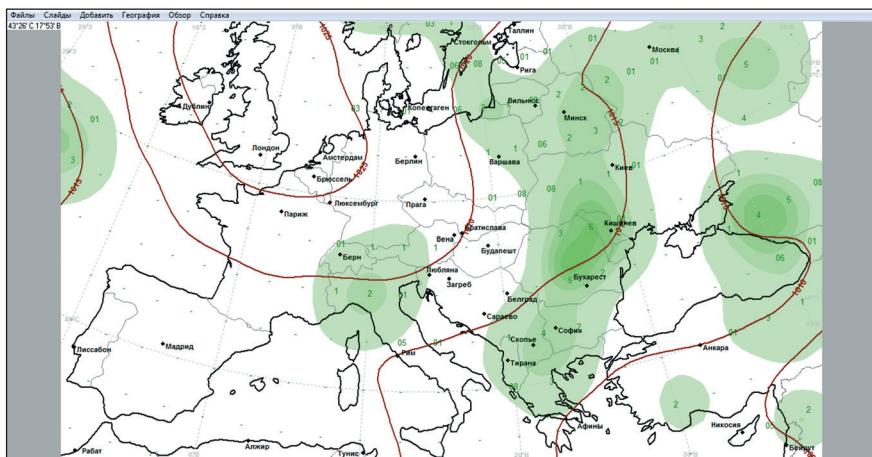


Рис. 4.14. Слайд с компонентой ГРИБ (прогностическое поле давления на уровне моря и осадков на уровне станции заблаговременностью 12 ч)

менность прогноза, название модели передающего центра и форму представления информации (рис. 4.15).

Обычные (расчетные) компоненты ГИС «Метео»: ОТ ГРИБ (ГРИД), «Метеопрогноз ГРИБ (ГРИД)», «Траектории», «Разрезы», «Струйные течения», «Обледенение», «Турбулентность». Расчетные компоненты создаются путем математической обработки либо первичной метеорологической

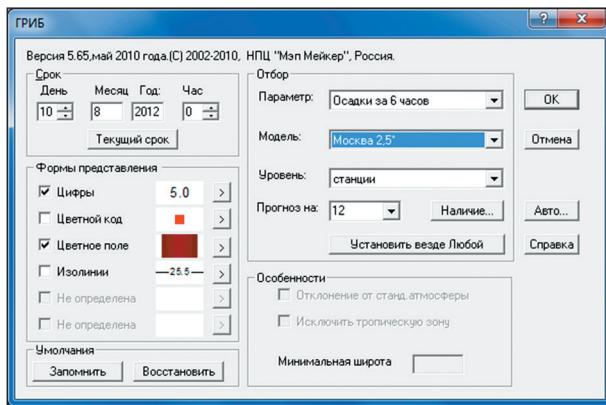


Рис. 4.15. Настройка параметров компоненты ГРИБ

информации, либо данных анализа и прогноза, поступающих в кодах ГРИБ (ГРИД). Эти компоненты имеют встроенные алгоритмы расчета различных метеорологических величин. Результаты этих расчетов используются синоптиком для подготовки прогноза. Алгоритмы расчетов постоянно обновляются на основе новых методов анализа и прогноза метеорологических характеристик [8, 21].

Компонента *От ГРИБ (ГРИД)*. Предназначена для построения карт относительной барической топографии по данным, поступающим в кодах ГРИД (ГРИБ). В диалоговом окне компоненты необходимо указать срок, нижний и верхний уровни, заблаговременность, название модели передающего центра и формы представления информации. Пользователь может построить карты относительной топографии для каждого слоя любых сочетаний изобарических поверхностей от 1000 до 300 гПа (рис. 4.16).

Компонента «Метеопрогноз ГРИБ (ГРИД)». С ее помощью строят поля метеопараметров (температура, дефицит точки росы, относительная влажность, грозы, облачность, нижняя (рис. 4.17) и верхняя границы облаков) и зон фронтов, рассчитанных по данным, поступающим в коде ГРИБ (ГРИД). После выполнения команды «Метеопрогноз ГРИБ (ГРИД)» нужно задать исходный срок прогноза, имя параметра, изобарическую поверхность, заблаговременность прогноза, название модели передающего центра и форму представления информации.

Компонента «Траектории (Траектории ГРИД, Траектории ГРИБ)». Обеспечивает построение траекторий движения воздушных частиц со скоростью и по направлению ветра на выбранном уровне атмосферы. В компоненте «Траектории» в качестве поля для расчета используются данные аэрологического зондирования, в компоненте «Траектории ГРИД» полем

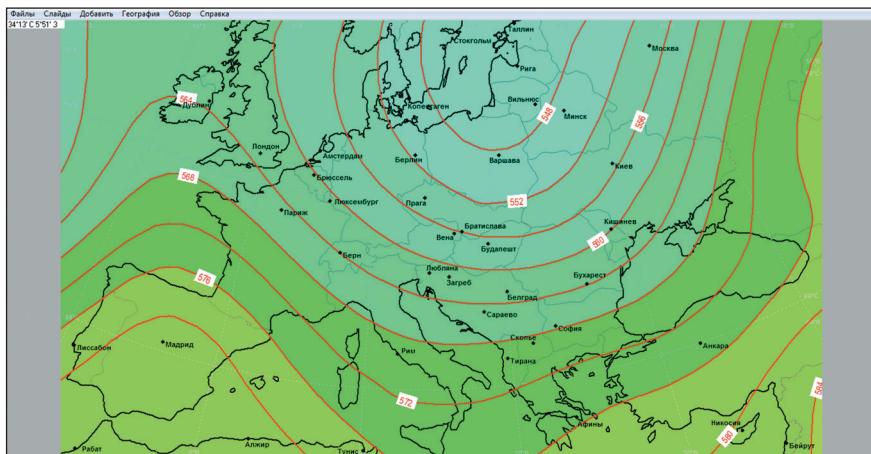


Рис. 4.16. Слайд с компонентой ОТ ГРИБ
(OT_{500/1000}, прогноз на 12 ч)

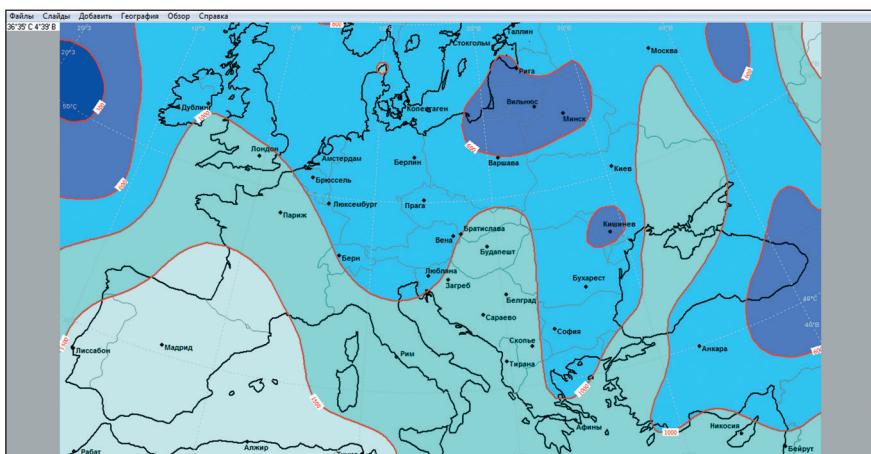


Рис. 4.17. Слайд с компонентой «Метеопрогноз ГРИБ»
(нижняя граница облаков, прогноз на 24 часа)

для расчета служит геострофический ветер, пересчитанный из геопотенциала, а в компоненте «Траектории ГРИБ» используется непосредственно прогностическое поле ветра [8]. Отбор информации для компонент производится из базы данных один раз при их создании. Отобранная информация используется для всех дальнейших вычислений и построений в данной компоненте.

Работая с компонентами «Траектории», можно нанести на текущий слайд:

- прямые (куда) и обратные (откуда) траектории движения воздушной частицы за указанный интервал времени;
- траектории движения (деформацию) замкнутой области — перемещение вперед по ветру группы точек ограниченного контура (рис. 4.18);
- траектории движения (деформацию) линии (незамкнутого контура) — перемещение вперед по ветру группы точек линии;
- поле ветра в узлах сетки.

В одной компоненте «Траектории» можно построить любое количество траекторий частиц, линий и областей.

Компонента «Разрезы (Разрезы ГРИД, Разрезы ГРИБ)». Позволяет получить информацию о состоянии атмосферы в форме вертикальных разрезов вдоль трассы полета воздушного судна, определенной пользователем (рис. 4.19). На вертикальном разрезе будет отображена либо фактическая (аэрометеорологическая) информация, если построения выполнены в компоненте «Разрезы», либо прогностическая информация — в двух других компонентах.

Перед построением разрезов пользователю требуется настроить ширину разреза, т. е. ширину коридора вдоль выбранной линии (трассы полета), куда будут попадать пункты радиозондирования.

Компонента «Струйные течения (Струйные течения ГРИД, Струйные течения ГРИБ)». Предназначена для отображения на карте фактических

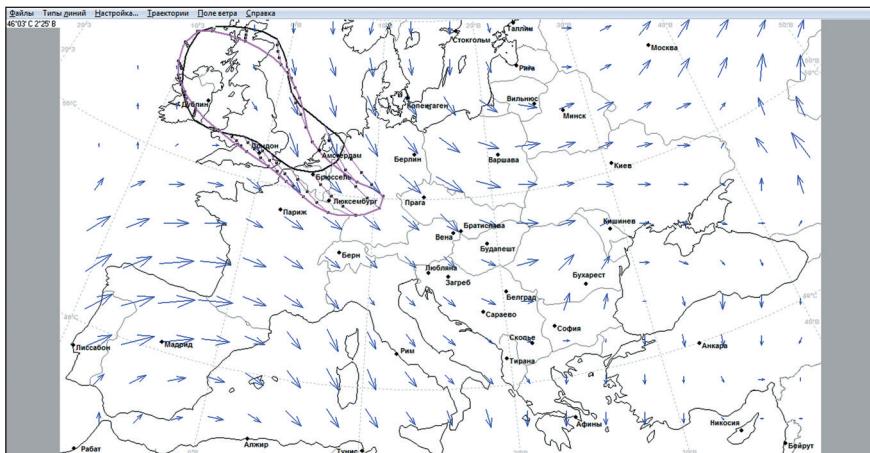


Рис. 4.18. Слайд с компонентой «Траектории» (траектория центра антициклона на поверхности 700 гПа на 12 ч с отметкой времени через 3 ч)

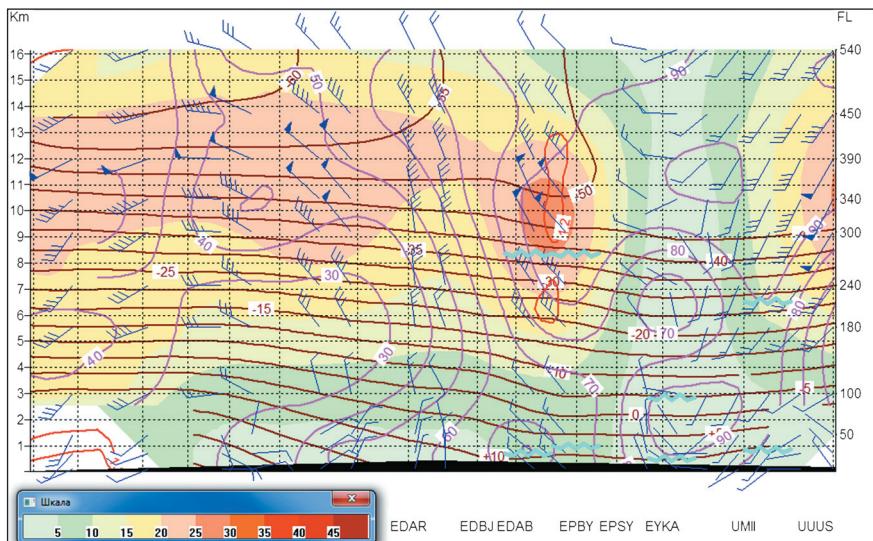


Рис. 4.19. Вертикальный разрез атмосферы по линии Лиссабон — Москва. Заблаговременность — 12 ч, параметры: скорость ветра (цветное поле), температура (изолинии коричневого цвета), относительная влажность (изолинии цвета фуксии), болтанка (изолинии красного цвета)

или прогнозических струйных течений на стандартных изобарических поверхностях и на уровне максимального ветра в формах: струйное течение, линии тока, ветер, температура для стандартных изобарических поверхностей и тропопаузы или их комбинаций (рис. 4.20).

Компонента «Обледенение (Обледенение ГРИД, Обледенение ГРИБ)». С ее помощью отображают на карте зоны обледенения воздушных судов, рассчитанных по фактическим (аэрологическим) или прогнозистическим данным. Нужно установить дату, срок, модель и заблаговременность прогноза, а также выбрать параметр: либо «Высоту изотермы», либо «Обледенение». При выборе параметра «Обледенение» необходимо отметить скорость воздушного судна. При выборе параметра «Высоту изотермы» можно согласиться с температурой, предложенной по умолчанию — 0 °C, или задать другую температуру (рис. 4.21).

Компонента «Турбулентность (Турбулентность ГРИД, Турбулентность ГРИБ)». Обеспечивает отображение на карте зон турбулентности в атмосфере, рассчитанных по фактическим (аэрологическим) или прогнозистическим данным (рис. 4.22).

Обычная (сервисная) компонента объединяет группу компонент, позволяющих оформить карту, сделать ее нагляднее (компоненты «Города»,

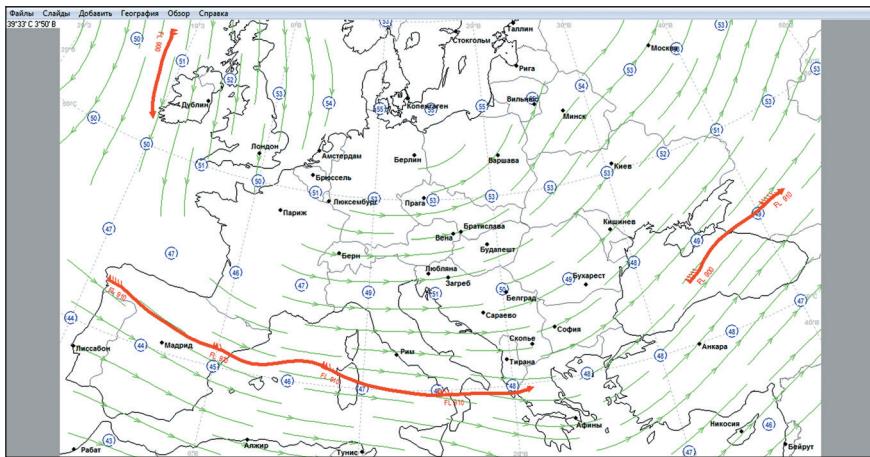


Рис. 4.20. Слайд с компонентой «Струйные течения ГРИБ» (струйные течения, линии тока и температура на поверхности 300 гПа, прогноз на 48 ч)

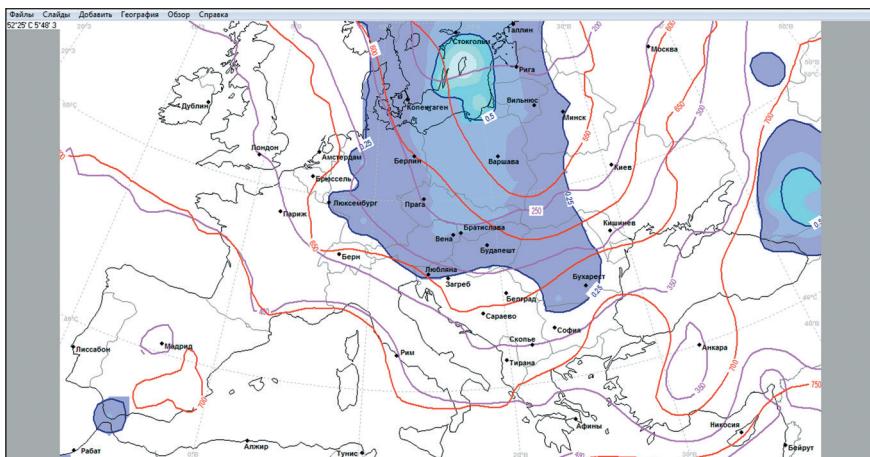


Рис. 4.21. Слайд с компонентой «Обледенение» (высота изотермы 0 °С показана изолиниями цвета фуксии, изотермы минус 20 °С — изолиниями красного цвета, зоны обледенений при скорости движения воздушного судна менее 200 км/ч — цветным полем и изолиниями синего цвета)

«Значки», «Текст») и завершить ее синоптическую обработку (компоненты «Линии») [8, 21].

Компонента «Города». Позволяет наносить на слайд пункты из списка гидрометеорологических станций в виде названий или индексов станций.

Города наносятся по списку, так называемому «словарю» (рис. 4.23). Можно последовательно подключать различные словари, например сначала синоптический, и нанести пункты, содержащиеся в этом словаре. Затем подключить аэрологический словарь и нанести из него нужные пункты и т. д.

Компонента «Линии». Предназначена для рисования простых и сложных линий на поле слайда (направление перемещения выбранного объ-

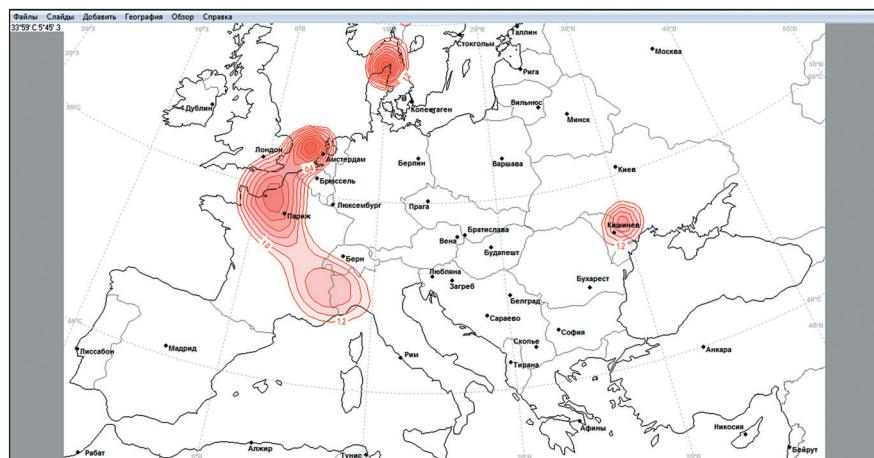


Рис. 4.22. Слайд с компонентой «Турбулентность ГРИБ» (зоны турбулентности на поверхности 300 гПа, прогноз на 12 ч)

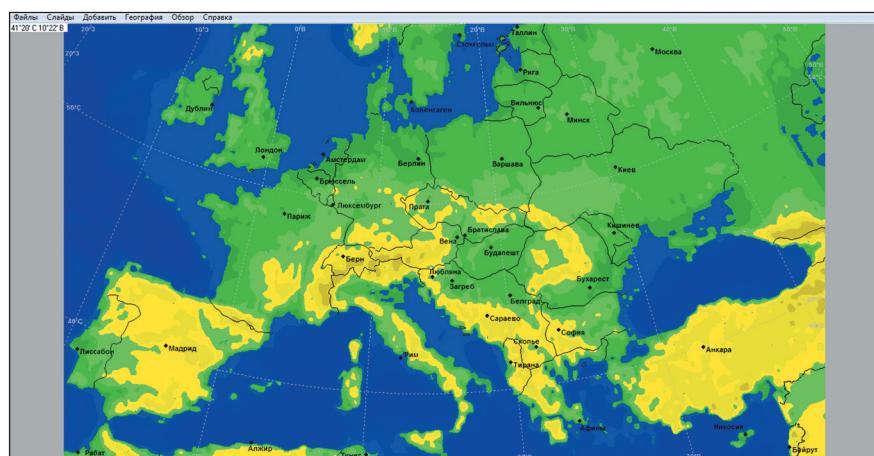


Рис. 4.23. Слайд со столицами государств, нанесенными компонентой «Города»

екта, изолинии параметров, линии фронтов, контуры облачности и другие линии). В ней предусмотрена возможность, в случае необходимости, записывать линии в базу данных и выбирать их из базы.

Компонента «Значки». С ее помощью на слайд наносят значки из предложенных наборов с возможностью записи и чтения их из базы (рис. 4.24).

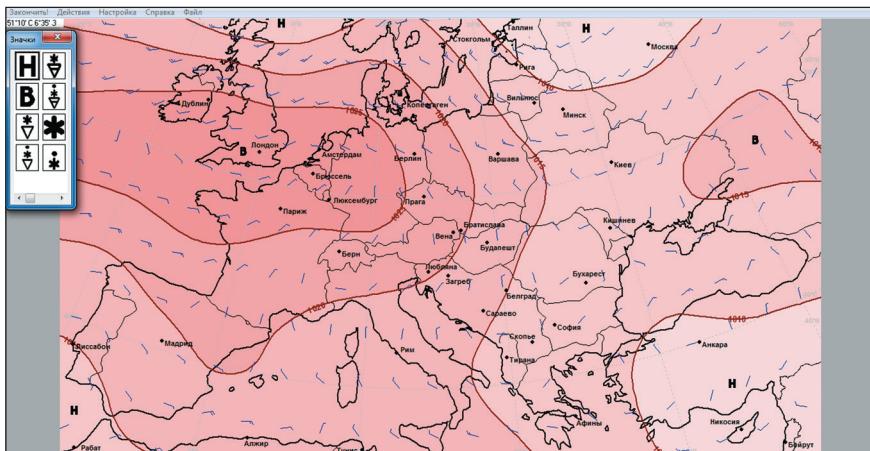


Рис. 4.24. Процесс нанесения на слайд центров барических образований с помощью компоненты «Значки»



Рис. 4.25. Компонента «Спутник» [15]

Компонента «Текст». Обеспечивает нанесение на текущий слайд любых текстов, авиазнаков, рамок с возможностью записи в базу данных и чтения из базы.

К уникальным компонентам относится компонента «Спутник» [8, 21], которая позволяет создать графическое отображение на слайде спутниковой информации об облачности. В базе данных эта информация записана в виде отдельных снимков, сделанных в определенный момент времени. В отличие от других компонент на текущий слайд может быть нанесена только одна компонента «Спутник» (рис. 4.25).

4.3. БАЗЫ ДАННЫХ ГИС «МЕТЕО»

Вся поступающая в ПК «ГИС „Метео“» оперативная информация после ее раскодирования записывается в базы данных (БД). База данных представляет собой специально организованный файл. Форматирование базы данных производится таким образом, чтобы оптимизировать ее по времени хранения информации и по времени доступа. Для работы с БД имеется несколько утилит, которые позволяют форматировать БД (dbformat.exe), выгружать из нее данные в специальный *.rec файл (dbunload.exe), загружать данные из *.rec файла в базу (dbload.exe). Эти средства позволяют разрабатывать собственные приложения (программные средства), использующие оперативные метеорологические данные.

В ГИС «Метео» имеется несколько баз данных одинакового формата, но с различным набором записываемых кодовых форм [8].

Метеорологическая база данных реального времени (МБД) — МЕТЕО. CDB. В базе данных содержится информация буквенно-цифровых кодовых форм SYNOP, SHIP, TEMP, PILOT, AIREP, METAR, TAF, RADOB, GRID и т. д. Для некоторых кодовых форм вместе с раскодированными данными в базу могут записываться тексты телеграмм и параметры бюллетеней. Запись данных в метеорологическую базу производится программой первичной обработки в режиме реального времени (рис. 4.26).

База данных прогнозов в коде ГРИБ — GRIB.CDB. В эту базу записывается информация, передаваемая в коде GRIB. Для ее раскодирования и записи используется программа GRIBPROC.

Базы могут формироваться непосредственно на персональном компьютере, выполняющем функции приема телеграмм с данными наблюдений и прогнозов в кодах GRID и GRIB, либо копироваться средствами удаленного доступа из ближайшего центра, оснащенного теми же программными средствами.

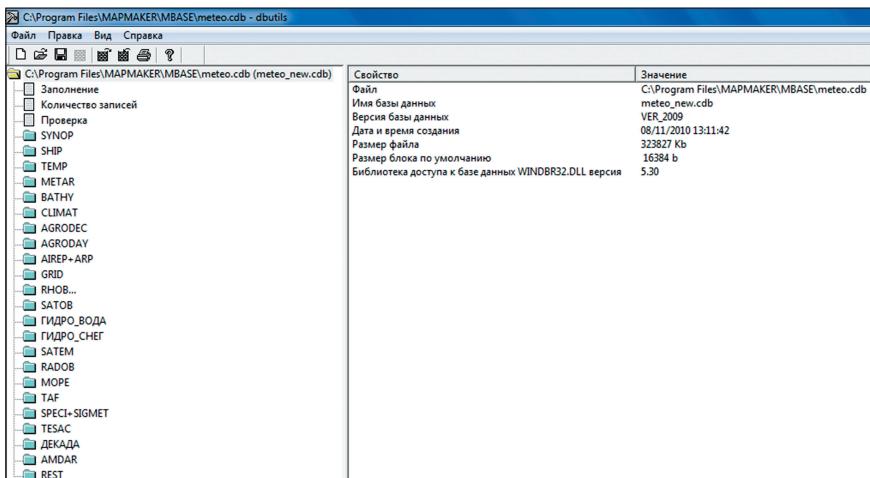


Рис. 4.26. Метеорологическая база данных реального времени ГИС «Метео»

Базы данных, создаваемые технологическими задачами ГИС «Метео».

Кроме баз данных, создаваемых из поступающей информации, в ГИС «Метео» имеется несколько баз данных, содержание которых либо является результатом работы специалиста синоптика (Line.cdb), либо формируется в процессе работы специальных технологических задач — приложений (vert.cdb, snd.cdb).

Line.cdb — база данных, в которую записывается информация о линиях фронтов и графических объектах оформления карты (значки, символы, угловые штампы, надписи).

Vert.cdb — база данных, содержащая данные о значениях вертикальных скоростей в узлах регулярной сетки.

Snd.cdb — база данных, которая содержит прогностические значения метеорологических параметров, таких как температура, температура точки росы, осадки, грозы, облачность и т. д. по каждому из пунктов заданного списка.

Кроме вышеперечисленных баз данных некоторые компоненты ГИС «Метео» используют реляционную базу данных, созданную по оперативным данным и содержащую информацию за продолжительный промежуток времени — *Архив синоптических данных «Синоптика» (Syndb.cdb)*. Использование такой БД позволяет создавать карты на заданный интервал времени (например, суммы осадков по станциям за период от 2 сут до 1 мес, значения экстремальных температур, и другие дополнительно вычисленные характеристики). Вся метеорологическая информация может быть сохранена в долговременных архивах (базах данных) с помощью специальной программы-архиватора.

4.4. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ГИС «МЕТЕО». ВЫВОД ДАННЫХ

Пользователь может сделать любой слайд с добавленным на него набором компонент **образцом** для автоматического построения на все сроки наблюдений, предварительно настроив функции автоматического создания каждой компоненты.

Расписание подготовки карт без участия пользователя создается с помощью специального приложения ГИС «Метео» — *Редактора Расписания* [8]. В расписании указываются образцы слайдов и настраивается время их автоматического создания (рис. 4.27).

Работа ГИС «Метео» может происходить в одном из следующих **режимов** [8]:

- работа без расписания;
- работа только по расписанию;
- работа только по расписанию с выходом в режим «на фоне»;
- работа по расписанию на фоне основной работы;
- работа по расписанию на фоне основной работы без сообщений.

Работа без расписания — обычный режим работы. Пользователь вручную создает слайды и производит с ними необходимые действия: выдача на печать, передача в каналы связи, запись в архив и т. д.

Работа только по расписанию — в этом режиме «ГИС „Метео“» работает самостоятельно, выдача сообщений пользователю (на экран дисплея) не производится, они записываются в журнал так, чтобы их можно было проанализировать в дальнейшем. В том случае, когда приложение находится в этом режиме, его основное меню содержит только одну команду «Закончить!». Для завершения этого режима нужно выполнить эту команду. Приложение установит режим «Работа без расписания».

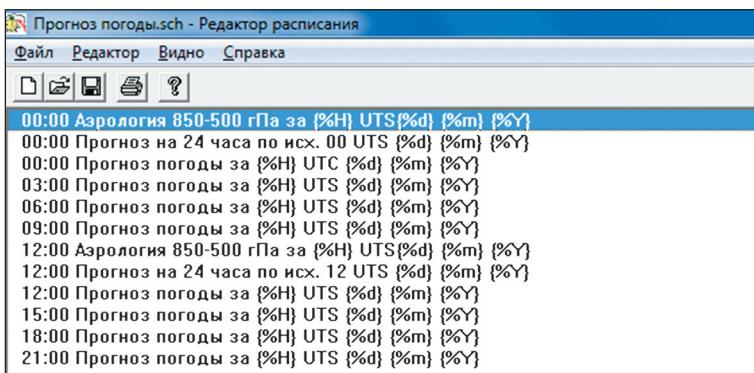


Рис. 4.27. Формирование расписания

Работа только по расписанию с выходом в режим «на фоне» — этот режим аналогичен режиму «Работа только по расписанию». Отличие заключается в том, что при выполнении команды «Закончить!» приложение установит режим «Работа по расписанию на фоне основной работы».

Работа по расписанию на фоне основной работы — в этом режиме ГИС «Метео» создает слайды по расписанию в те моменты, когда пользователь не взаимодействует с ГИС «Метео». Слайды не создаются, например, если пользователь работает с компонентами текущего слайда. В этом режиме приложение выдает сообщения о состоянии своей работы на экран и записывает их в журнал. Сообщение, выданное на экран, требует внимания (ответа) со стороны пользователя (оператора). Приложение не будет продолжать дальнейшую работу до тех пор, пока сообщение не будет обработано пользователем.

Работа по расписанию на фоне основной работы без сообщений — режим аналогичен режиму «Работа по расписанию на фоне основной работы», но выдача сообщений пользователю на экран не производится, все сообщения записываются только в журнал.

Выбор режима работы осуществляется пользователем (рис. 4.28).

ГИС «Метео» предоставляет пользователю возможность *распечатать* подготовленный картографический материал, таблицы и графики на любом типе принтеров. Компьютер пользователя, на котором установлены программные средства ГИС «Метео», должен быть подключен к принтеру напрямую либо иметь выход на него через сеть.

Для отправки карты на печать необходимо выбрать текущий слайд, подготовленный для печати, и выполнить его печать, предварительно осуществив *настройки вывода данных* (выбор принтера, размера и ориентации бумаги, опции вывода).

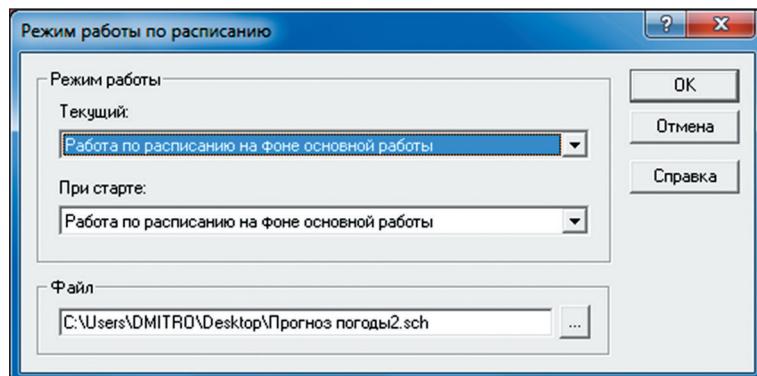


Рис. 4.28. Настройка расписания ГИС «Метео»

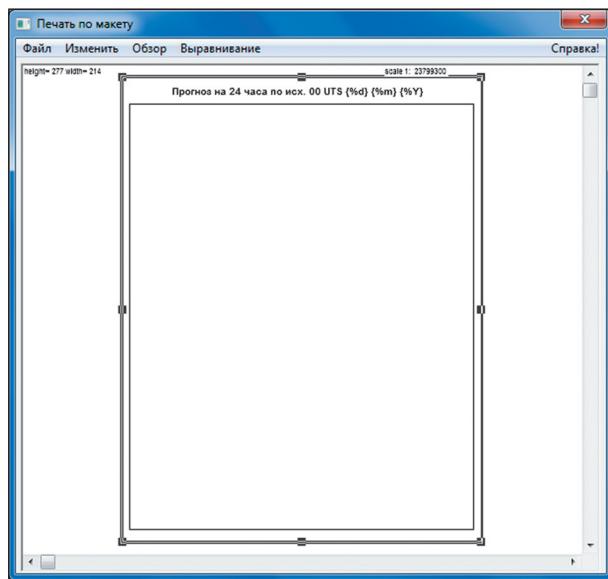


Рис. 4.29. Формирование макета печати

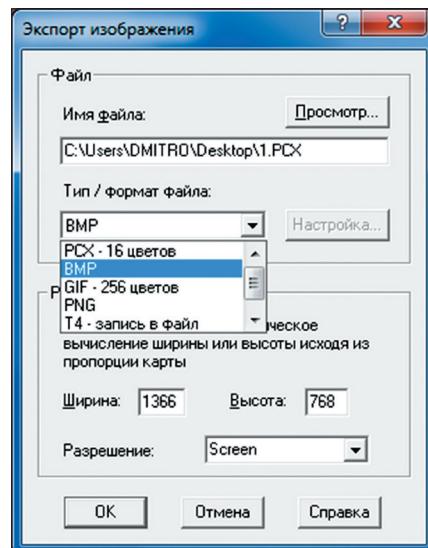


Рис. 4.30. Экспорт слайда
в растровый формат

Синоптический бюллетень, справка, бланк прогноза и т. п. оформляются в соответствии с запросами потребителя (наглядность размещения информации, читаемость, легкость восприятия). В ГИС «Метео» существует возможность *создания макета* листа печати (рис. 4.29). Данная команда позволяет указать расположение слайда на странице, поместить на нее необходимую дополнительную информацию, например штамп, легенду и т. п. Можно создать макет и сохранить его вместе с образцом слайда. Тогда при генерации слайда по образцу будет автоматически создаваться макет.

Для использования изображения карты, построенной ГИС «Метео» в других программах или графических редакторах, его нужно записать на диск в растревом формате. Запись текущего файла в выбранном формате осуществляется путем *экспорта* в одном из форматов (PCX, BMP, GIF, PNG) (рис. 4.30).

Вопросы и задания

1. Раскройте основные функциональные возможности ПК «ГИС „Метео“».
2. Перечислите существующие варианты автоматизированных рабочих мест в ГИС «Метео». Обозначьте их особенности.
3. Что относится к основным объектам ПК «ГИС „Метео“»?
4. Каким образом ГИС «Метео» хранит слайды? Что такое текущий слайд?
5. Какие типы компонент имеются в ПК «ГИС „Метео“»? Обозначьте основные действия, которые можно совершать с компонентами.
6. Перечислите объекты, составляющие картографическую основу слайда.
7. Перечислите, какие из компонент относятся к обычным информационным, расчетным и сервисным. Дайте их краткую характеристику.
8. Какая компонента ГИС «Метео» является уникальной?
9. Перечислите базы данных ГИС «Метео». Укажите их основные особенности.
10. В каких режимах может работать ПК «ГИС „Метео“»? Перечислите возможности программы по выводу данных.

5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОГОДЫ В СРЕДЕ ГИС «МЕТЕО»

Выполнение практических заданий позволит студентам освоить основные ГИС-операции и технологии, применяемые при анализе текущей синоптической ситуации и прогнозировании погоды в среде ГИС «Метео». ГИС-практикум является непосредственным продолжением курса лекций и содержит авторские методические разработки по лабораторным,

практическим и контролируемым самостоятельным работам. Практикум разработан для использования лицензионного программного продукта ГИС «Метео» (НПЦ «Мэп Мейкер», Россия). Исходные данные для выполнения заданий включают цифровые материалы, предоставляемые для учебного процесса в режиме on-line Главным вычислительным центром Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды через сеть Интернет.

Задание 5.1. Создание слайда, работа с географической компонентой и компонентой «Города» в среде ГИС «Метео»

Цель задания: познакомиться с интерфейсом ГИС «Метео», освоить алгоритмы создания новых слайдов и оформления в них географической компоненты и компоненты «Города».

Ход выполнения задания:

Шаг 1. Откройте программу ГИС «Meteo» (Пуск → Все программы → GIS Meteo → Workstation → ГИС «Метео»).

Шаг 2. В меню Слайды выберите **Новый**. Из установленного программно Общего архива выберите шаблон слайда, пространственно отражающего территорию Европы (рис. 5.1). Назовите слайд в соответствии с рис. 5.2, в качестве срока выберите текущее время.

Шаг 3. На основе выбранного пространственного шаблона (Европа) создайте новый бланк, отражающий территорию Республики Беларусь и сопредельных стран. Для этого выберите в меню География команду **Новый бланк**. Главное меню программы изменится на меню действий. На слайде появится прямоугольник вырезки. Установка курсора мыши внутрь прямоугольника позволяет выполнить его перемещение, подве-

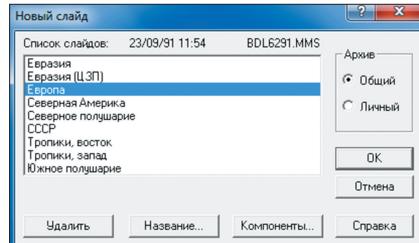


Рис. 5.1

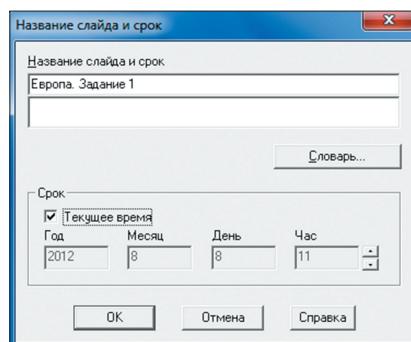


Рис. 5.2

дение к границе — симметричное растягивание, сжатие и поворот. Используя данные операции, переместите прямоугольник вырезки аналогично рис. 5.3. После этого выберите действие *Принять!*, назовите новый бланк *Беларусь и сопредельные страны*.

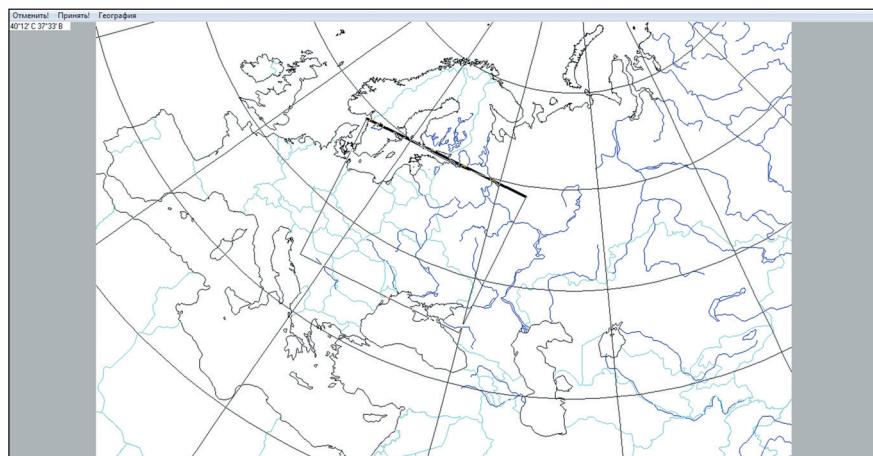


Рис. 5.3

Шаг 4. Поменяйте цветовое оформление территории суши и моря. Для этого зайдите в меню *География* и выберите команду *Закраска*. Используйте батиметрическую закраску для морей и гипсометрическую — для суши (рис. 5.4).

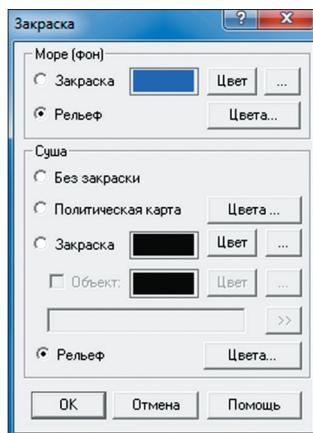


Рис. 5.4

Шаг 5. Зайдите в меню *География* и выберите команду *Линии*. Выберите вариант отображения линейных объектов на слайде согласно рис. 5.5. Шрифт для подписей линий географической сетки — Arial, полужирный, размер — 8.

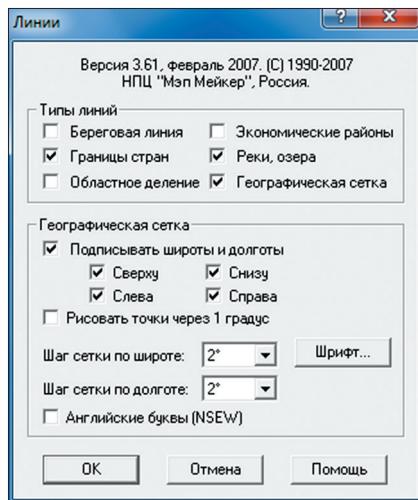


Рис. 5.5

Шаг 6. Выполните символизацию линейных объектов географической компоненты. Зайдите в меню *География* и выберите команду *Типы линий*. В окне *Типы линий* (рис. 5.6) задайте следующие варианты символизации. Для границ стран — сплошная линия красного цвета размером 0,5 мм; рек

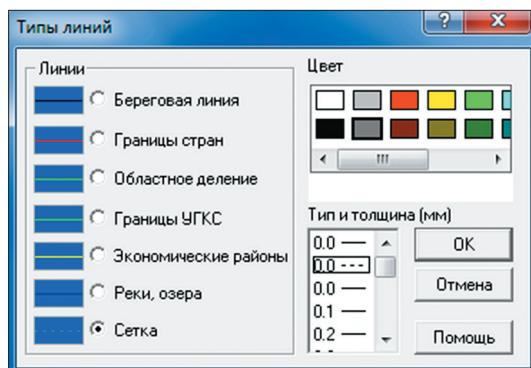


Рис. 5.6

и озер — сплошная линия синего цвета размером 0,5 мм; географической сетки — пунктирная линия темно-серого цвета размером 0,1 мм.

Шаг 7. Нанесите на слайд компоненту «Города». Выберите из меню *Добавить* команду *Города*. Главное меню ГИС «Метео» изменится на меню действий.

В меню *Настройка* найдите команду *Настройка городов*. В окне *Настройка* установите параметры согласно рис. 5.7. Шрифт для подписей — Arial, полужирный, сиреневого цвета, размер — 10.

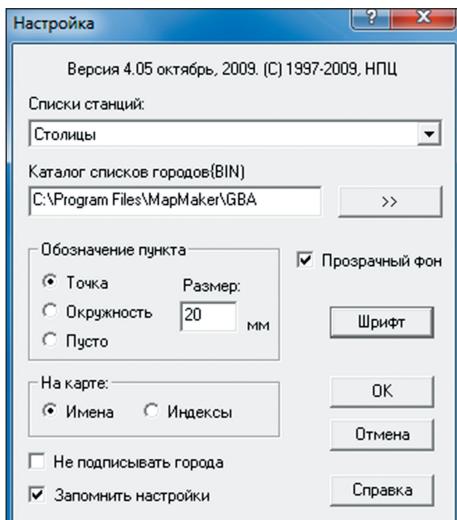


Рис. 5.7

В меню *Действия* выберите *Нанести все*. Дабы избежать наложений подписей, установите опцию *Прореживать* в меню *Действия*.

Для нанесения на слайд дополнительных населенных пунктов (в нашем случае это областные центры Республики Беларусь) используйте команду *Список* меню *Действия*. В окне *Нанести пункт* выберите в качестве списка областные центры и путем поиска и добавления требуемых пунктов пополните список выбранных городов (рис. 5.8).

После добавления на слайд объектов компоненты *Города* (рис. 5.9) выполните команду *Выход* из меню *Настройка*.

Шаг 8. Используя опцию зуммирования, увеличьте фрагмент слайда, охватывающий территорию между Минском и Москвой. Для этого выполните команду *Крупнее* в меню *Обзор*. Прямоугольником обозначьте область увеличения карты и выберите *Принять*.

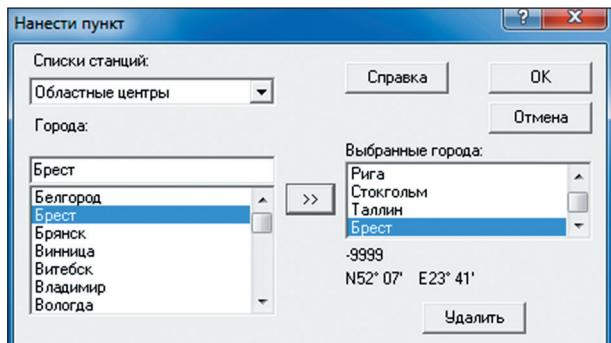


Рис. 5.8

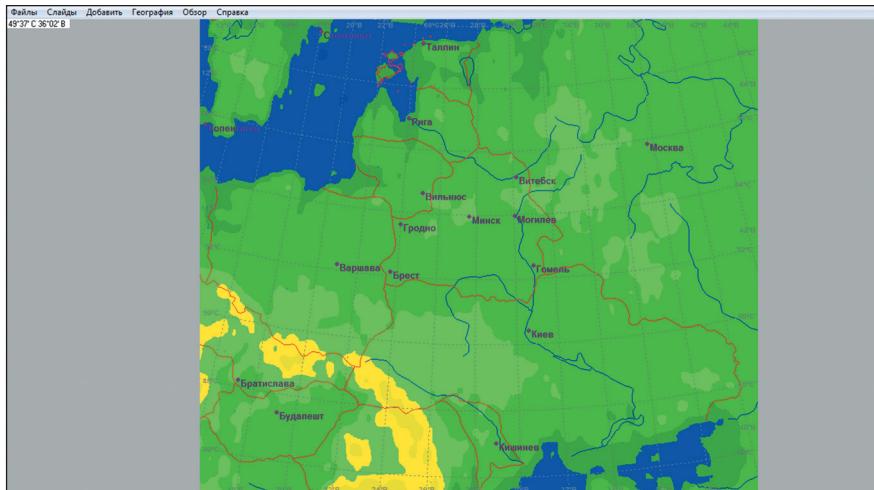


Рис. 5.9

Воспользуйтесь возможностью выполнения картометрических операций в среде ГИС «Метео». Измерьте расстояние по прямой от Минска до Москвы, выбрав команду **Измерение расстояний** в меню **География** (рис. 5.10).

После выполнения операции картометрии совершите действие **Закончить!**

Верните экстент слайда в исходный вид, выбрав Обзор → **Начальный**.

Шаг 9. Дабы сохранить созданный бланк для дальнейшей с ним работы, используйте команду **Сохранить образец...** в меню **Файл**. Созданный бланк будет сохранен в личном архиве слайдов ГИС «Метео».

Шаг 10. Самостоятельно создайте новый бланк на основе существующих шаблонов из программных архивов слайдов ГИС «Метео».

Причина. Предлагается осуществить данный шаг в рамках следующих вариантов: 1 — США, 2 — Чили, 3 — Бразилия, 4 — ЮАР, 5 — Австралия, 6 — Казахстан, 7 — Франция, 8 — Индия, 9 — Япония, 10 — Китай.

Выбрав подходящий шаблон, с помощью окошка координат (находится в верхнем левом углу слайда), определите координаты верхнего



Рис. 5.10

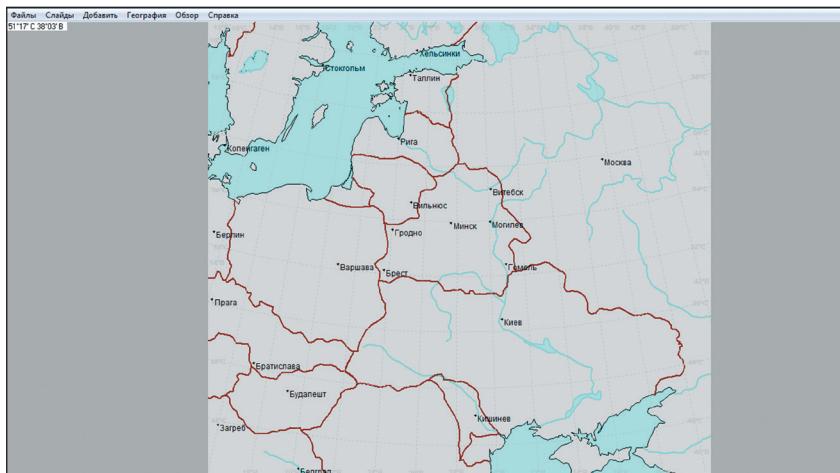


Рис. 5.11

левого и нижнего правого углов территории вашего варианта. Для создания нового бланка воспользуйтесь командой ***Мастер нового бланка*** в меню *География*. В диалоговых окнах Мастера укажите проекцию, которая наилучшим образом подходит для отображения территории вашего варианта (полярная стереографическая либо экваториальная цилиндрическая Меркатора), а также координаты границ бланка.

Выполните создание и оформление географической компоненты и компоненты «Города» аналогично примеру на рис. 5.11. Сохраните новый бланк в качестве слайда личного архива ГИС «Метео».

Контрольные вопросы и задания

1. Для каких целей в среде ГИС «Метео» существуют операции по созданию бланков слайдов? Опишите алгоритм создания нового бланка.
2. Перечислите типы пространственных объектов, составляющих основу географической компоненты. Какие команды ГИС «Метео» позволяют выполнить символизацию объектов данной компоненты?
3. Какие проекционные системы координат поддерживает ГИС «Метео»? Раскройте методику перенесения трехмерной земной поверхности на плоскость с их помощью. Укажите части территории земного шара, которые данные системы координат позволяют визуализировать с наименьшими искажениями.
4. Опишите алгоритм создания на слайде компоненты «Города». Какие списки населенных пунктов поддерживаются в ГИС «Метео»?

Задание 5.2. Оперирование обычными информационными компонентами ГИС «Метео»: «Приземная наноска», «Синоптика», «Погода»

Цель задания: изучить основные действия с компонентами ГИС «Метео», познакомиться с параметрами настройки, формами и видами представления компонент (на примере обычных информационных компонент «Приземная наноска», «Синоптика», «Погода»), научиться работать с метеорологической базой данных реального времени ГИС «Метео» (Meteo.cdb).

Ход выполнения задания:

Шаг 1. На компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео», выполните загрузку текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) в *метеорологическую базу данных реального времени ГИС «Метео»* (Meteo.cdb). Для этого откройте любой Интернет-браузер, введите web-адрес официального сайта Главного вычислительного центра Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — <http://mcc.hydromet.ru/>. В разделе *Продукция* перейдите на ссылку *Информация метеорологической базы данных для удаленных АРМ ЛАССО* (ссылка доступна только зарегистрированным пользователям,

одним из которым является Белорусский государственный университет, имеющий персональные имя пользователя и пароль). По ссылке *Информация за сроки наблюдений — 00 ч* скачайте на персональный компьютер текущую синоптическую информацию (на сервере находится информация с задержкой 24 ч) на 00 ч предыдущих суток в формате *.rec.

Для загрузки полученных данных в метеорологическую базу данных реального времени ГИС «Метео» (Meteo.cdb) откройте программу *Утилиты для работы с базами данных* (Пуск → Все программы → GIS Meteo → Workstation → Утилиты для работы с базами данных). Откройте базу данных (Файл → Открыть... → C:\Program files\MAPMAKER\MBASE\meteo.cdb). Загрузите в нее текущую синоптическую ситуацию (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) *data00.rec* командой *Загрузить...* из меню *Файл* (рис. 5.12). После загрузки закройте приложение *Утилиты для работы с базами данных*.

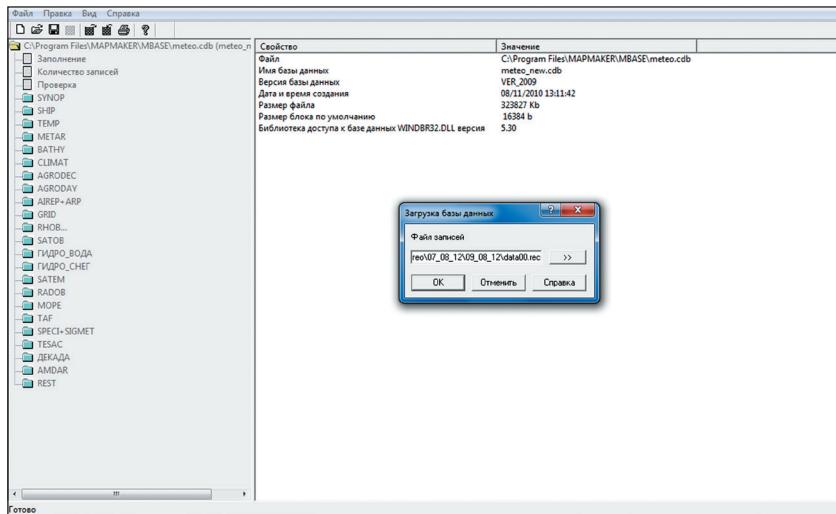


Рис. 5.12

П р и м е ч а н и е. В шаге 1 описан алгоритм ручной загрузки текущей синоптической ситуации в метеорологическую базу данных реального времени для формирования у студентов более глубокого понимания принципов работы с базами данных ГИС «Метео». Следует отметить, что в настоящее время загрузка оперативной синоптической ситуации в Meteo.cdb осуществляется автоматически в режиме on-line без участия оператора АРМ ЛАССО [8].

Шаг 2. Откройте программу *ГИС «Meteo»*. В личном архиве найдите слайд, созданный вами в рамках выполнения шага 10 задания 5.1.

Установите в качестве метеорологической базы данных реального времени (вид — Main) базу **Meteo.cdb** на компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео» (Файл → Базы данных) (рис. 5.13). На компьютерах, на которых установлены рабочие станции, следует подключить в качестве сетевого диска папку C:\Program files\MAPMAKER\MBASE компьютера, на котором установлена серверная часть, и установить базу данных Meteo.cdb сетевого диска.

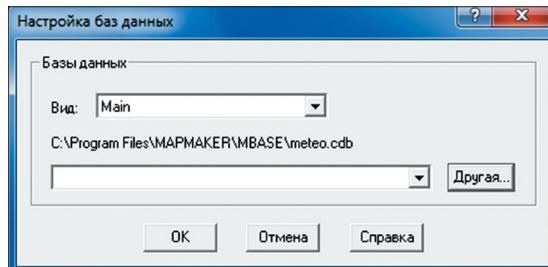


Рис. 5.13

Шаг 3. Нанесите на слайд синоптические данные наблюдений, поступающие в коде КН-01 (SYNOP), в виде стандартных метеорологических пунсонов. Для этого выполните команду **Приземная наноска** меню **Добавить**. В диалоговом окне *Наноска данных КН-01 (SYNOP)* в качестве сро-

ка наблюдений установите дату и время загруженной в шаге 2 в базу данных meteo.cdb информации о текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) (рис. 5.14).

Для подбора вариантов символизации компоненты в группе **Цвет, размер...** диалогового окна нажмите кнопку **Изменить...**. В появившемся окне *Цифровая наноска* установите размер и цвет наносимых данных согласно рис. 5.15. Для группы **Плотность** задайте режим **Редко**, что позволит избежать наложения друг на друга соседних пунсонов (для районов, где плотность сети метеорологических наблюдений невысокая, рекомендуется использовать вариант **Густо**).

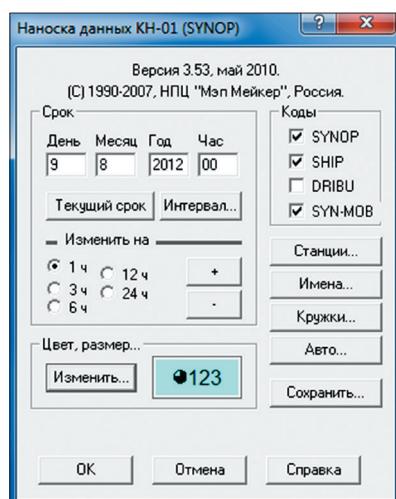
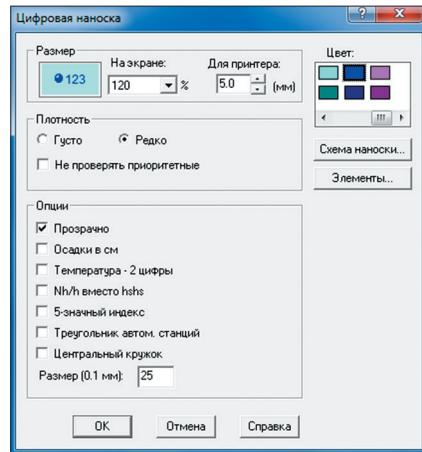


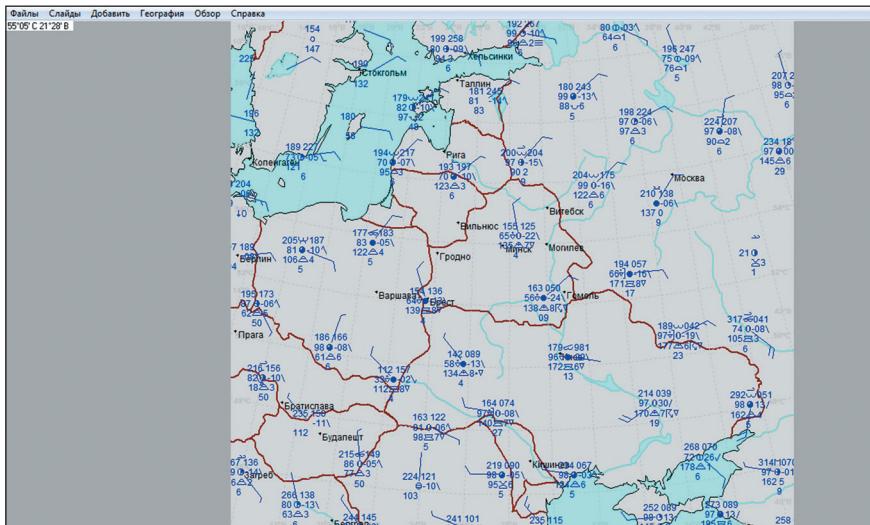
Рис. 5.14



Ruc. 5.15

Изучить элементы наноски и изменить вариант их нанесения можно при нажатии кнопки *Схема наноски*.

Шаг 4. По созданному слайду с компонентой *Приземная наноска* (рис. 5.16) выполните расшифровку текущей синоптической ситуации, представленной в виде стандартных метеорологических пунсонов, в двух-



Ruc. 5.16

трех крупных городах территории вашего варианта. Используйте опцию суммирования ГИС «Метео», а также справочную информацию о коде КН-01 (SYNOP) [13]. Анализ представьте в виде текста-описания.

После выполнения действий текущего шага отключите визуализацию компоненты, открыв диалоговое окно *Список компонент слайда* командой Слайды → **Компоненты...**, выделив компоненту *Приземная наноска* и нажав кнопку *Спрятать* (рис. 5.17).

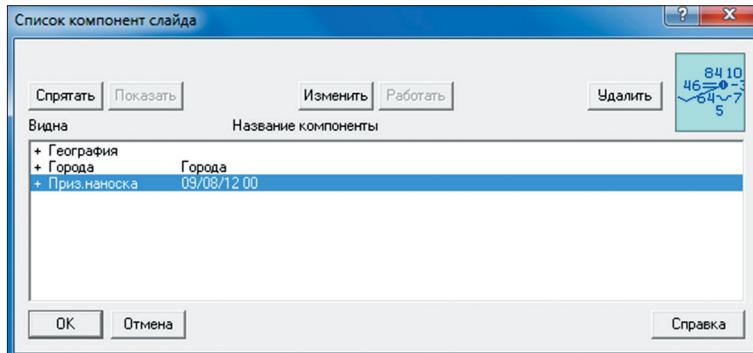


Рис. 5.17

Шаг 5. Визуализируйте отдельные метеопараметры текущей синоптической ситуации, используя различные формы их представления в ГИС «Метео». Нанесите на слайд компоненту *Синоптика* (Добавить → *Синоптика*). В диалоговом окне оставьте срок наблюдений прежним. В качестве параметра обозначьте *температуру воздуха*. Представьте ее с помощью цифрового обозначения (рис. 5.18). Детализируйте выбранную форму

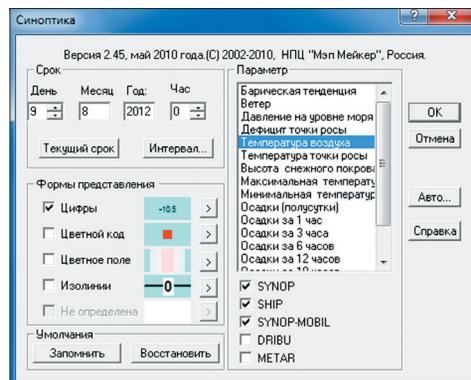


Рис. 5.18

представления, нажав на кнопку . В окне *Числовая форма* установите параметры символизации согласно рис. 5.19. Шрифт для подписей — Arial, полужирный, красного цвета, размер — 6. Для меньшей плотности чистового поля температур можно отвезти ползунок в сторону *Редко*.

С помощью компоненты *Синоптика* также визуализируйте на текущем слайде такие метеорологические параметры, как *ветер* (форма представления — значки *ветра* синего цвета), *давление на уровне моря* (формы представления — *цветное поле* (шаг — 5 гПа) и *изолинии* (только основные, шагом — 5 гПа) темно-оранжевого цвета, толщиной 7 мм с подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 12) и *барическая тенденция* (форма представления — *изолинии* цвета фуксии, толщиной 5 мм с подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 12).

П р и м е ч а н и е. При представлении метеопараметра с помощью *изолиний* либо *цветного поля* следует выполнить настройку *параметров интерполяции* (закладка *Интерполяция* в диалоговом окне настройки компоненты (рис. 5.20)). *Радиус интерполяции* следует изменять в зависимости от размера слайда и плотности сети метеостанций (при большой территории и малой плотности данных радиус следует увеличивать). Рекомендуется задавать радиус равным 500 км при работе с бланком «Европа», 1000 км — «Евразия», 5000 км — «Антарктика». *Шаг интерполяции* не должен быть больше радиуса. При его задании следует также учитывать размер территории, отражаемой на слайде, и плотность метеонаблюдений. Значение шага интерполяции влияет на детальность создаваемого поля метеопараметра. *Поле отбора* позволяет расширить размер территории, по которой отбираются данные для интерполяции. Эта процедура исключает так называемый «краевой

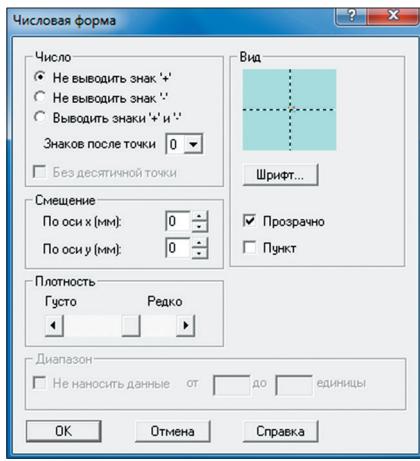


Рис. 5.19

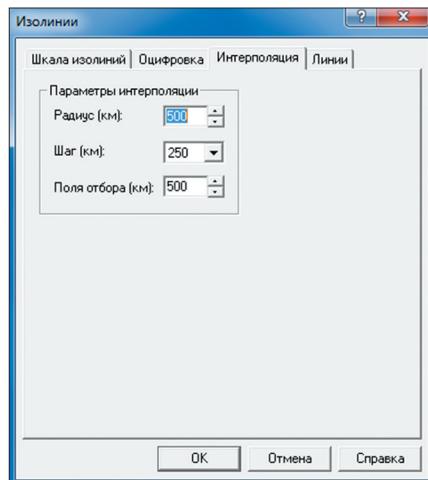


Рис. 5.20

эффект», когда изолинии прерываются на некотором расстоянии от краев карты. Как правило, размер поля отбора не должен превышать величину радиуса интерполяции. Рекомендуется оставить его равным радиусу [8].

Для удаления либо изменения параметров отображения компоненты откройте диалоговое окно *Список компонент слайда* командой *Слайды → Компоненты...*, выделите нужную компоненту слайда и нажмите кнопку *Удалить* либо *Изменить*.

Шаг 6. По созданным с помощью компоненты *Синоптика* полям основных метеопараметров (рис. 5.21) выполните анализ текущей синоптической ситуации территории вашего варианта.

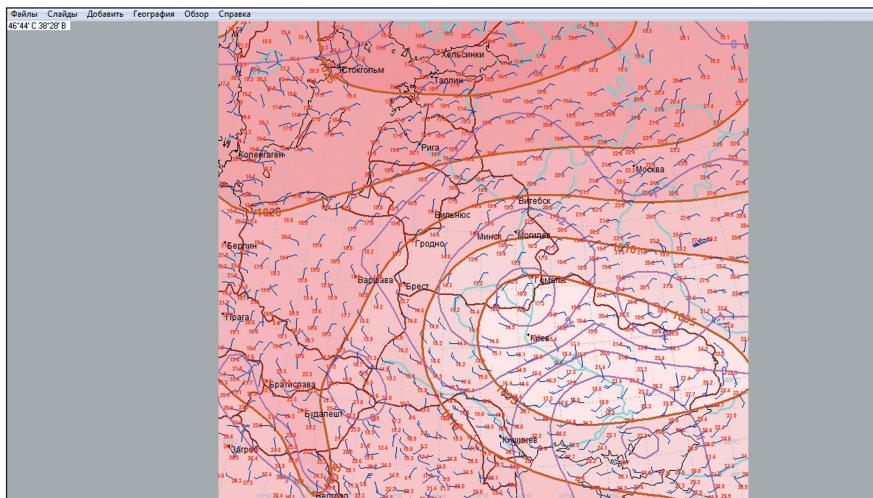


Рис. 5.21

Выскажите предположения по поводу положения барических образований, их динамики (на основе изучения поля барической тенденции), позиции основных атмосферных фронтов. Результаты анализа представьте в виде текста-описания.

После выполнения действий текущего шага отключите визуализацию компоненты *Синоптика*.

П р и м е ч а н и е. Для территорий с низкой плотностью метеонаблюдений можно воспользоваться компонентой *Синоптика с контролем*, позволяющей дополнить текущую синоптическую ситуацию расчетными (прогностическими) данными. Функция *Контроль* данной компоненты позволяет выполнить отбраковку информации по метеопостам, на которых градиент изменения в пространстве метеопараметров выше заданного программно [8].

Шаг 7. Отобразите на отдельных слайдах явления погоды, поступившие в коде КН-01 (SYNOP). Для этого выполните команду **Погода** в меню **Добавить**. В диалоговом окне **Явления погоды** в качестве срока наблюдений установите дату и время загруженной в шаге 2 в базу данных meteo.cdb

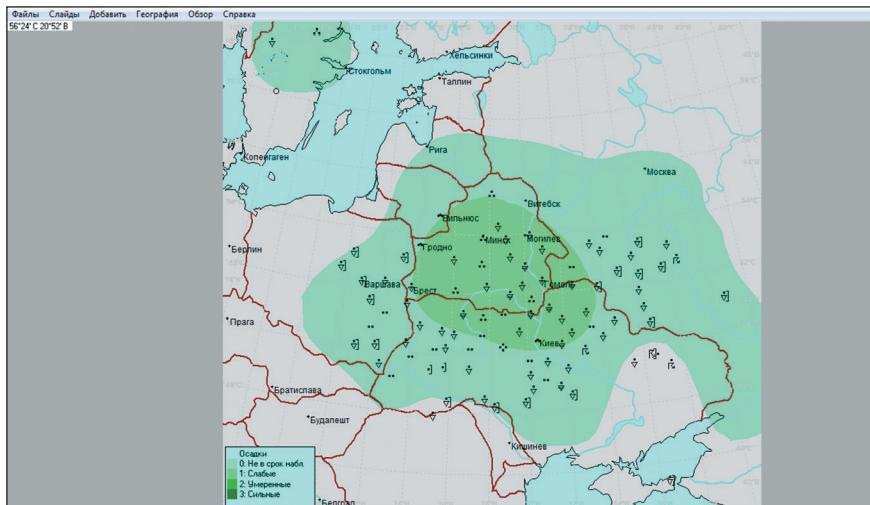


Рис. 5.22

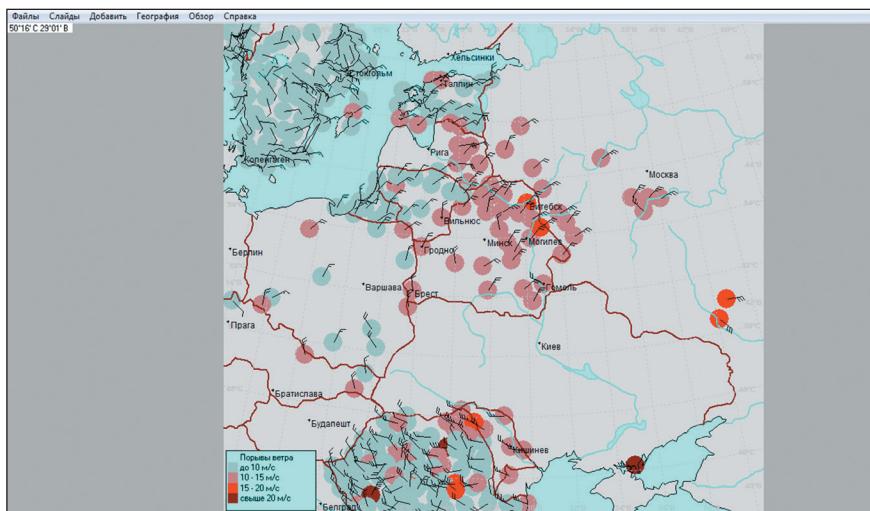


Рис. 5.23

информации о текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм).

Визуализируйте на текущем слайде *осадки* (формы представления: *цветное поле, знак и легенда*) (рис. 5.22).

Отключите отображение осадков на слайде. В качестве следующего явления погоды визуализируйте *порывы ветра* (формы представления: *цветной код, знак и легенда*) (рис. 5.23).

Поочередно на текущем слайде отображайте *каждое* из явлений погоды за текущий срок наблюдений, скрывая предыдущее. Подбирайте оптимальные формы их визуального представления. Изменить форму представления параметра компоненты возможно с помощью команды *Слайды → Компоненты...*, выделив нужную компоненту и нажав кнопку *Изменить*.

В случае отсутствия на территории вашего варианта заданного явления удаляйте параметр компоненты *Погода* из списка компонент текущего слайда.

Шаг 8. Проанализируйте пространственное распространение явлений погоды на текущий срок наблюдений. Поясните основные причины их возникновения. Результаты представьте в виде текста-описания.

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите алгоритм ручной загрузки текущей синоптической ситуации в форматах буквенно-цифровых кодовых форм в метеорологическую базу данных реального времени ГИС «Метео» (Meteo.cdb).

2. Назовите основные действия, которые можно совершать над компонентами ГИС «Метео». Какие параметры компонент могут подвергаться настройке?

3. Перечислите основные формы представления компонент в ГИС «Метео».

4. Какие основные параметры настройки процесса интерполяции существуют в ГИС «Метео»?

Задание 5.3. Изучение основных принципов работы с обычными информационными компонентами ГИС «Метео»: «Аэрологическая наноска» и «Аэрология»

Цель задания: на основе цифровой информации о текущей синоптической ситуации, передаваемой в форматах буквенно-цифровых кодовых форм, научиться строить и анализировать карты приземного барического поля, а также высотные карты абсолютной и относительной барической топографии, прослеживать струйные течения в верхней тропосфере и нижней стратосфере, выявлять развитие и наклон вертикальной оси барических образований, изменения температурного режима с высотой.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. На компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео», выполните загрузку текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) в метеорологическую базу данных реального времени Meteo.cdb на 12 ч предыдущих суток в формате *.rec.

Шаг 2. Откройте программу ГИС «Meteo». Создайте новый слайд (Слайды → **Новый**), выбрав в качестве шаблона вариант из программных архивов.

П р и м е ч а н и е. Предлагается осуществить выполнение задания в рамках следующих вариантов: 1 — Евразия (общий архив), 2 — Евразия (ЦЗП) (общий архив), 3 — Европа (общий архив), 4 — Северная Америка (общий архив), 5 — СССР (общий архив), 6 — Тропики (восток) (общий архив), 7 — Тропики (запад) (общий архив), 8 — Южное полушарие (общий архив), 9 — Россия (личный архив), 10 — Европа с городами (личный архив).

Шаг 3. Выполните создание и оформление **географической компоненты** (географическая сетка с автоматическим шагом построения, пунктирной линией серебристого цвета размером 0,1 мм, с подписями шрифтом — Arial, полужирный, размер — 8; береговая линия и границы стран — линиями серого цвета размером 0,6 мм и 0,5 мм соответственно) и **компоненты «Города»** (по списку Столицы, надписи черного цвета, шрифтом Arial, полужирный, размер — 7) (рис. 5.24).

Шаг 4. С помощью компоненты Синоптика визуализируйте на текущем слайде **ветер** (форма представления — значки ветра синего цвета)



Rис. 5.24

и давление на уровне моря (формы представления: *цветное поле* шагом 5 гПа и *изолинии* (основные и вспомогательные) шагом — 2,5 гПа, коричневого цвета, толщиной 9 мм для основных и 1 мм для вспомогательных изобар с подписями шрифтом Arial, полуожирный, размер — 10) (рис. 5.25, 5.26). Не забудьте выполнить настройку параметров интерполяции.

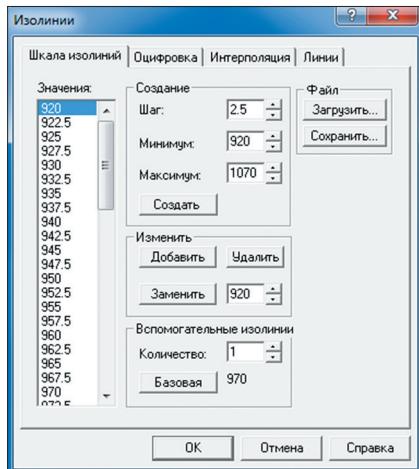


Рис. 5.25

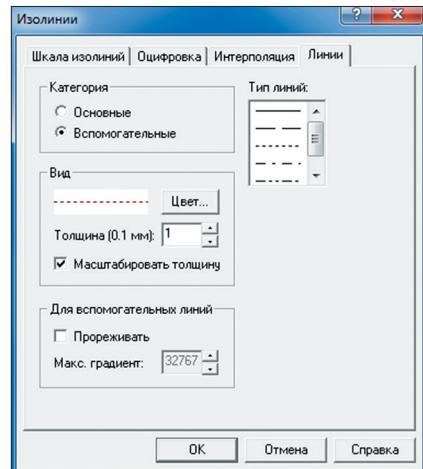


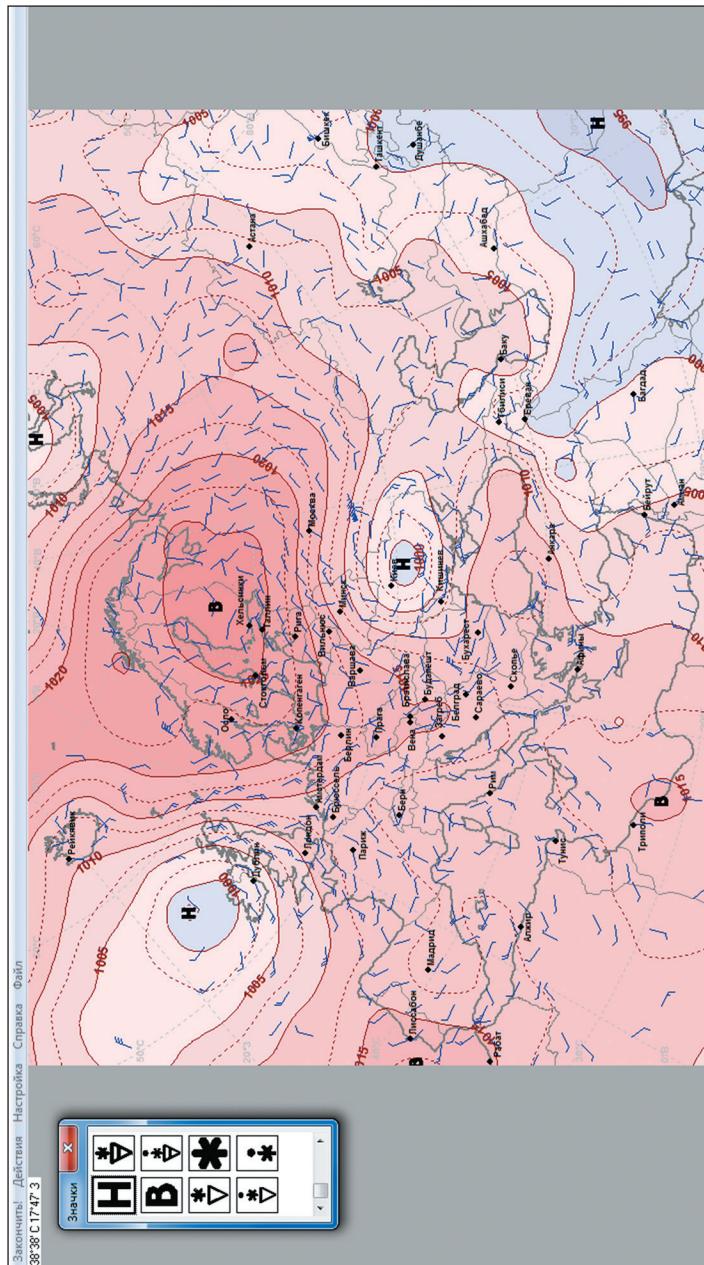
Рис. 5.26

Шаг 5. Используя компоненту *Значки* (*Добавить* → *Значки*), по карте приземного барического поля выделите *циклоны* и *антициклоны* (рис. 5.27).

П р и м е ч а н и е. *Циклоном* называют атмосферный вихрь с замкнутыми изобарами, кратными 5 гПа, с пониженным давлением, минимальным в центре, и вращением воздуха против часовой стрелки в северном полушарии (по часовой — в южном); *антициклоном* — вихрь с повышенным давлением, максимальным в центре, и вращением воздуха по часовой стрелке в северном полушарии (против часовой — в южном). На отечественных картах погоды циклоны обозначаются Н (низкое), антициклоны — В (высокое). На зарубежных картах погоды изобары проводятся через 4 гПа кратно 4, а в центрах циклонов и антициклонов проставляются, соответственно, L (Low) или H (High) [13, 24].

Шаг 6. Проанализируйте пространственное положение барических образований на текущий срок наблюдений. Определите возможные центры их возникновения. С помощью компоненты *Синоптика* добавьте на текущий слайд *барическую тенденцию* (форма представления — *изолинии* цвета фуксии, толщиной 5 мм с подписями шрифтом Arial, полуожирный, размер — 10). Сделайте прогноз перемещения барических образований. Результаты представьте в виде текста-описания.

Рис. 5.27



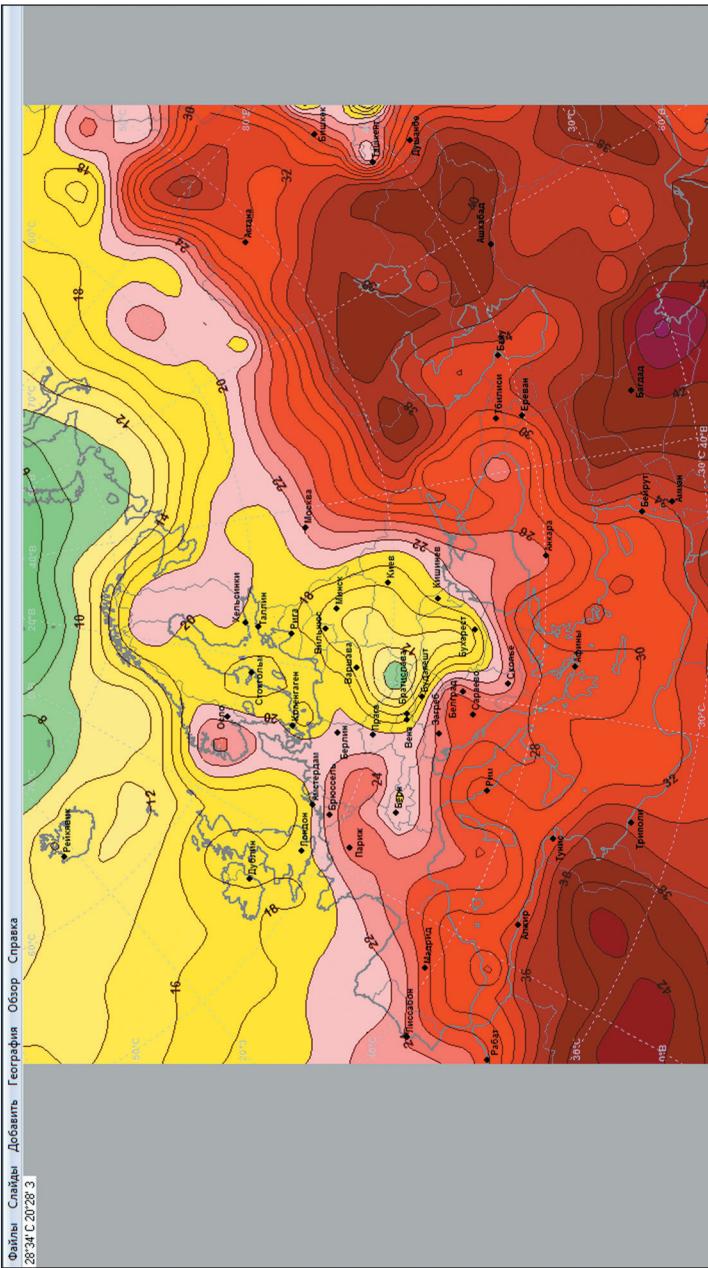


Рис. 5.28

Шаг 7. Отключите на текущем слайде визуализацию всех компонент, кроме *География* и *Города*. Нанесите параметр **температура воздуха** (формы представления: *цветное поле* (шаг — 2 °C) и *изолинии* (основные с шагом 2 °C, темно-коричневого цвета, толщиной 5 мм и подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 10)) (рис. 5.28). Настройте параметры интерполяции. Выполните анализ температурной ситуации в виде текста-описания. Сравните температурный фон с приземным барическим полем.

Шаг 8. Нанесите на слайд, предварительно отключив визуализацию метеопараметра *Температура воздуха*, аэробологическую информацию в виде стандартных метеорологических пунсонов для стандартной изобарической поверхности 850 гПа. Для этого выполните команду *Аэрологическая наноска* меню *Добавить*. В диалоговом окне *Наноска аэробологических данных* в качестве срока наблюдений установите дату и время загруженной в шаге 1 в базу данных *meteo.cdb* информации о текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) (рис. 5.29).

Рис. 5.29

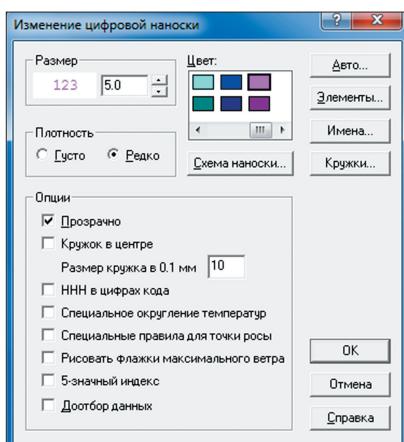
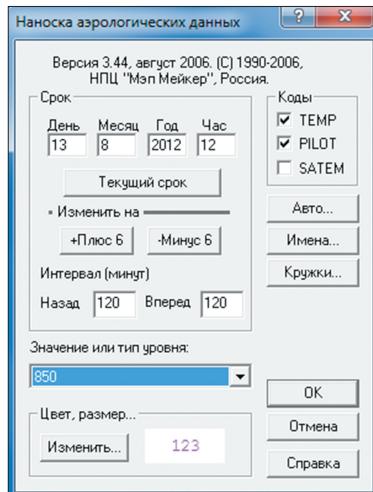


Рис. 5.30

П р и м е ч а н и е. Аэробологические данные получают путем *аэробологического зондирования*, которое представляет собой регулярное измерение свойств воздуха и характеристик некоторых атмосферных процессов вне приземного слоя атмосферы с помощью подъема вверх аэробологических приборов или дистанционными методами. В ГИС «Метео» аэробологические данные поступают в коде КН-04 [8].

Для подбора вариантов символизации компоненты в группе *Цвет, размер...* диалогового окна нажмите кнопку *Изменить*. В появившемся окне *Изменение цифровой наноски* установите размер и цвет наносимых данных согласно рис. 5.30. Для группы *Плотность* задайте режим *Редко*,

что позволит избежать наложения друг на друга соседних пунсонов (для районов, где редко проводятся аэрологические наблюдения, рекомендуется использовать вариант *Густо*).

Изучить элементы наноски и изменить вариант их нанесения можно при нажатии кнопки *Схема наноски*.

Шаг 9. По созданному слайду с компонентой *Аэрологическая наноска* (рис. 5.31) выполните расшифровку текущей аэрологической ситуации для стандартной изобарической поверхности 850 гПа, представленной в виде стандартных метеорологических пунсонов, в двух-трех крупных городах территории вашего варианта. Используйте опцию зуммирования ГИС «Метео», а также справочную информацию [13]. Анализ представьте в виде текста-описания.

Шаг 10. Создайте карту абсолютной топографии стандартной изобарической поверхности 850 гПа.

Примечие. На высотные карты погоды наносится информация аэрологического зондирования по коду КН-04 [8]. Такие карты являются топографическими, так как в качестве основного элемента наносят не давление на каком-либо уровне атмосферы, а высоту, где давление принимает определенное значение (т. е. высоту стандартной изобарической поверхности). Высотные карты погоды называют *картами барической топографии*.

В качестве высоты, на которой давление принимает определенное значение, выступает *потенциал силы тяжести (или геопотенциал)*. Он представляет собой работу, которая затрачивается на преодоление силы тяжести при перемещении единицы массы от центра Земли до заданного уровня высоты [13]. Для удобства геопотенциала на уровне моря принимается равным нулю. Различают *абсолютный геопотенциал* (отсчитываемый от уровня моря) и *относительный* (отсчитываемый не от уровня моря, а от нижележащей изобарической поверхности). *Геопотенциальный метр* является практической единицей геопотенциала.

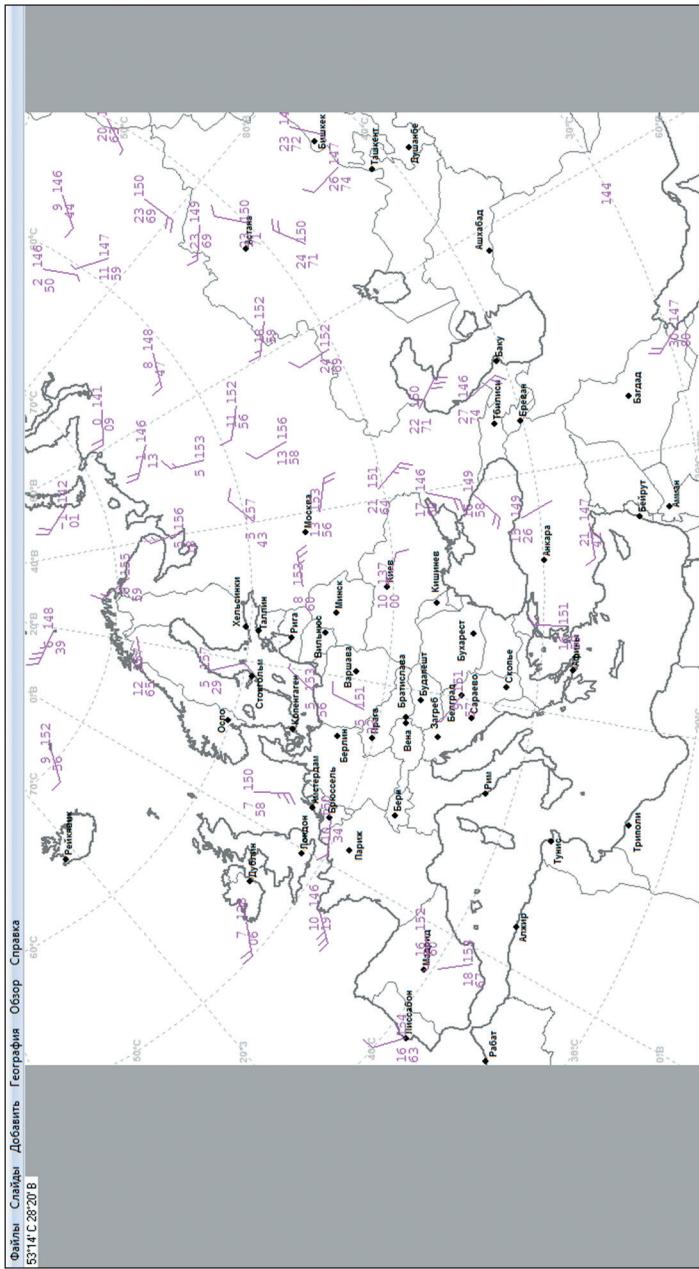
Карта топографии изобарической поверхности по отношению к уровню моря называется картой *абсолютной топографии (АТ)* изобарической поверхности и представляет собой проекцию данной изобарической поверхности на плоскость.

Карта топографии какой-либо изобарической поверхности по отношению к уровню нижележащей поверхности называется картой *относительной топографии (ОТ)* и представляет собой проекцию толщины слоя, заключенного между двумя поверхностями на плоскость.

Для синоптического анализа используются так называемые *стандартные изобарические поверхности* (см. таблицу).

Приблизительные высоты стандартных изобарических поверхностей [13]

Давление, гПа	1000	850	700	500	400	300	250	200	150
Высота над уровнем моря, км	0	1,5	3,0	5,5	7,0	9,0	10,5	12,0	13,5



PUC. 5.31

Нанесите на текущий слайд (Добавить → Аэрология) такие аэрологические параметры стандартной изобарической поверхности 850 гПа, как **температура воздуха** (формы представления: *цветное поле* (шаг — 2 °C) и *изолинии* (основные с шагом 2 °C, коричневого цвета, толщиной 5 мм и подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 10)) и **геопотенциал** (форма представления — *изолинии* (основные с шагом 4 геопотенциальных декаметра, красного цвета, толщиной 7 мм и подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 11)). Выполните настройку интерполяции, учитывая, что все параметры следует задать в 1,5—2 раза больше стандарта, чтобы избежать «обрыва» изолиний и цветного поля над районами с очень редкой сетью зондирования.

Центры областей высокого и низкого геопотенциала обозначьте соответственно **В** и **Н** с помощью компоненты **Значки** (рис. 5.32).

П р и м е ч а н и е. На карте абсолютной барической топографии 850 гПа поле температуры является близким к слаженному приземному — здесь исчезают мелкие особенности, связанные с орографией и различием термических свойств подстилающей поверхности. Данная карта часто используется для определения положения фронтальных разделов у поверхности Земли [13].

Шаг 11. Аналогичным образом, как в шаге 10, создайте **карты абсолютной топографии** стандартных изобарических поверхностей 700 гПа, 500 гПа, 300 гПа (рис. 5.33—5.35 соответственно).

П р и м е ч а н и е. Изменения геопотенциала на карте абсолютной барической топографии 700 гПа указывают на развитие или ослабление барических образований, т. е. на динамические изменения давления. Данная карта (вместе с картой относительной барической топографии 500/1000) служит основой для построения карты термобарического поля тропосферы, указывая на направление перемещения очагов тепла или холода, что дает очень важный материал для будущего прогноза погоды.

Карта абсолютной барической топографии 500 гПа представляет картину барического поля средней тропосферы, кроме того, зоны динамических изменений давления. Она показывает высотную фронтальную зону — зону значительных барических и термических контрастов и сильных ветров, обладающую большими запасами энергии атмосферы, которая расходуется на образование и поддержание жизни циклонов и антициклонов.

Карта абсолютной барической топографии 300 гПа демонстрирует не только барическое поле около уровня 9 км, но и положение областей сильных ветров (струйных течений). Струйные течения помогают уточнить стадии развития барических образований (обычно циклон возникает на теплой, антициклонической стороне струйного течения, к концу своей жизни он перемещается уже на циклоническую, холодную сторону, для антициклона — картина обратная), положения атмосферных фронтов. Данная карта используется для прогноза перемещения оси струйных течений и областей максимальных ветров в тропосфере [13].

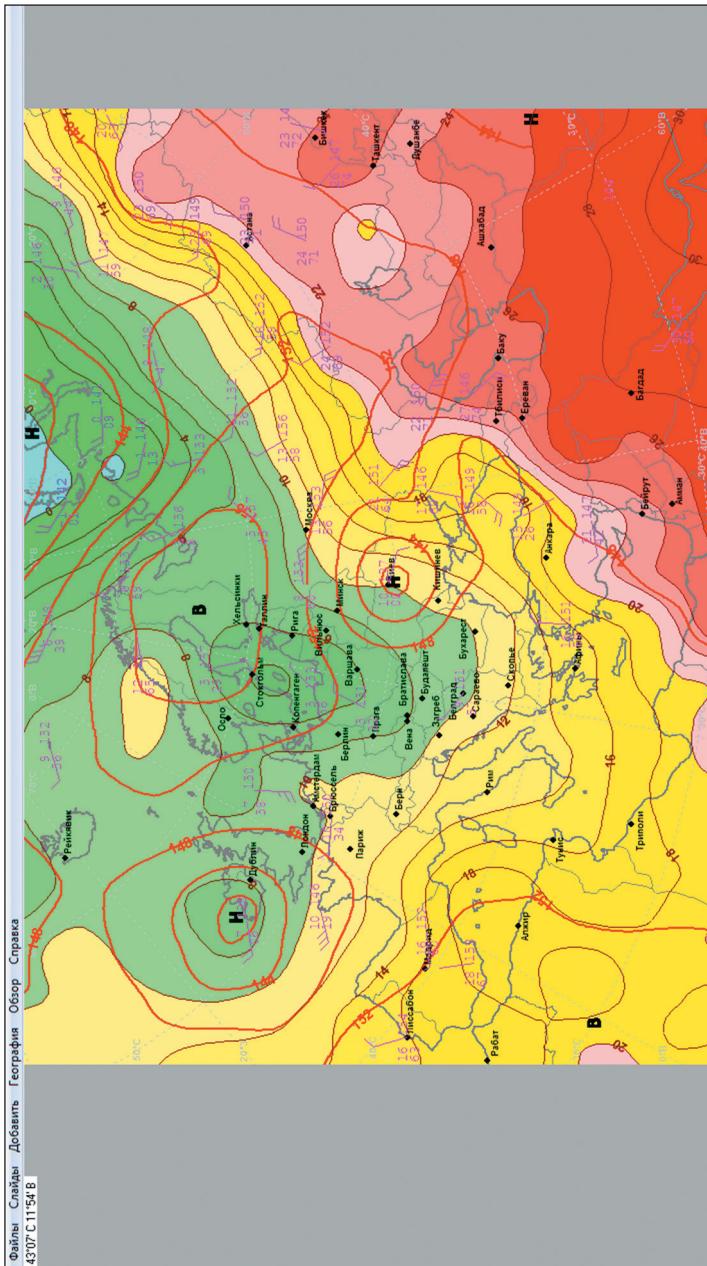


Рис. 5.32

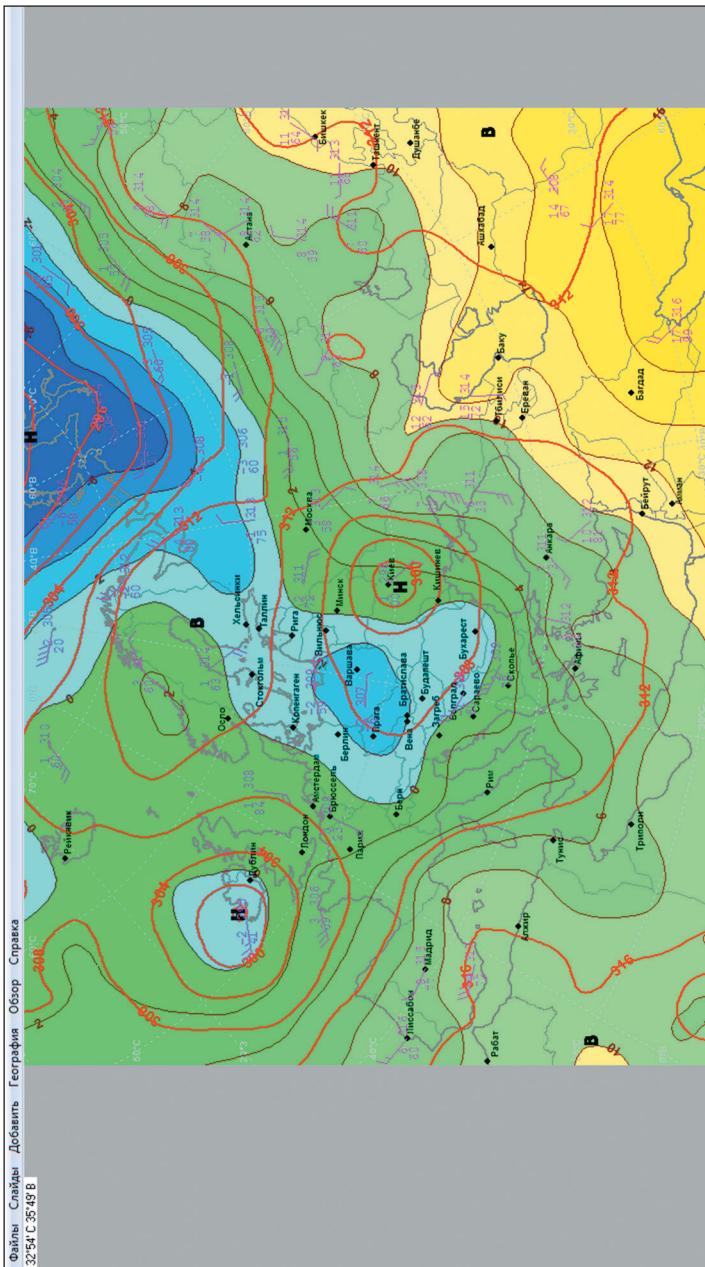


Рис. 5.33

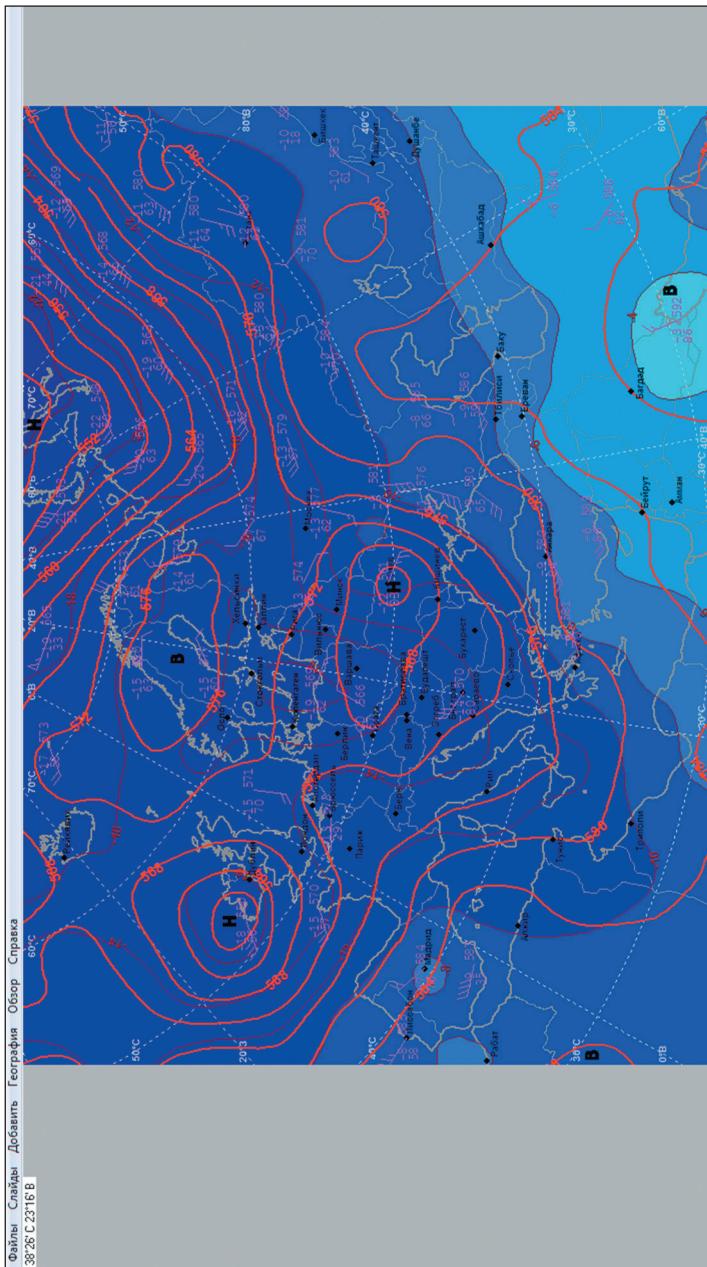


Рис. 5.34

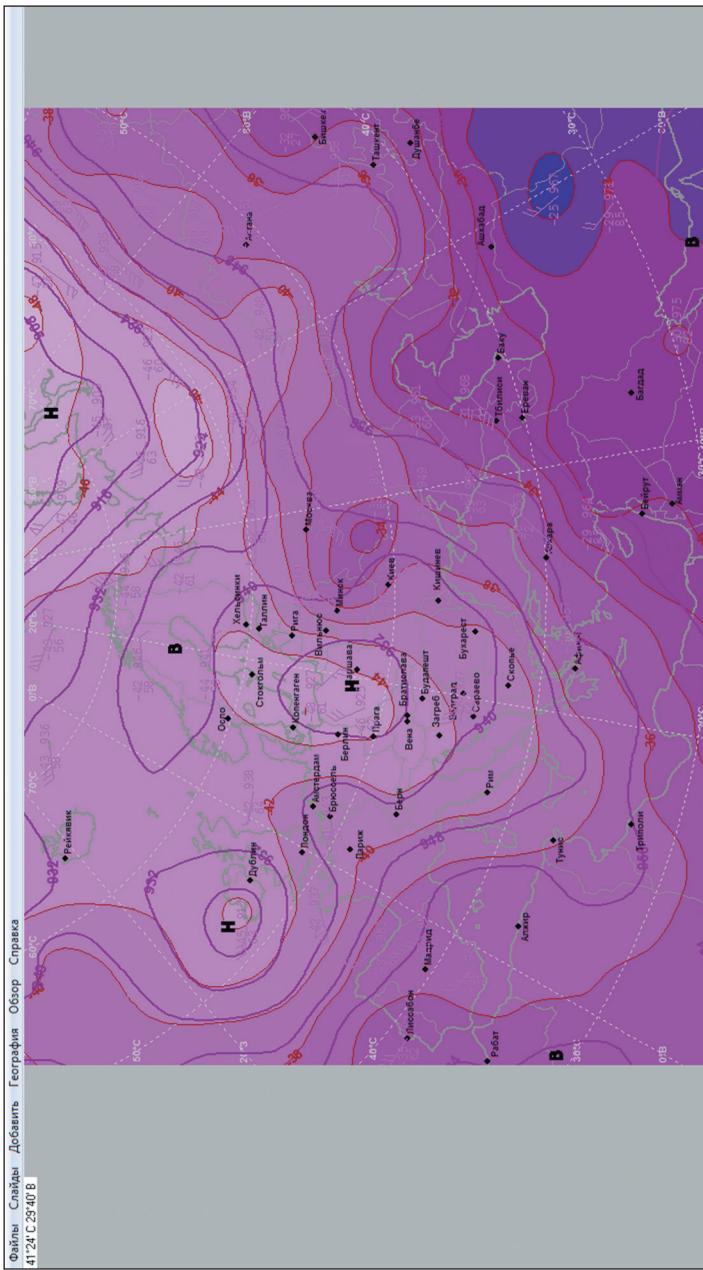


Рис. 5.35

Шаг 12. Отключите на текущем слайде визуализацию всех компонент кроме *География* и *Города*. Добавьте компоненту *Струйные течения* стандартной изобарической поверхности 300 гПа. В качестве форм представления компоненты выберите *струйные течения, линии тока и ветер*.

Опишите направленность и скорости ветра в верхней тропосфере на территории вашего варианта. Проанализируйте направления, характер и скорости струйных течений. Результаты представьте в виде текста-описания.

Причай. Струйными течениями называют сильные узкие течения большой протяженности в верхних слоях тропосферы и нижних слоях стратосферы, эллиптические по форме вертикального сечения. Относительно узкие полосы сильных ветров похожи на сплюснутые трубки. Длина их измеряется тысячами, ширина — сотнями, а высота — единицами километров. Условно за нижний предел их скорости принята скорость 30 м/с, на оси струи скорости могут превышать 50—100 м/с. Направление всюду, за исключением экваториальных широт, — с запада на восток. Они являются звеном общей циркуляции атмосферы. Возникновение струйных течений, их ослабление и прекращение вызывается образованием и разрушением атмосферных фронтов. Являясь активным участником общей циркуляции атмосферы, струйные течения при определенных условиях воздействуют на циклоны и антициклоны, смещают воздушные массы и оказывают другие воздействия на нижнюю тропосферу [6, 13, 20].

Шаг 13. Создайте *карту относительной барической топографии 500/1000*. Для этого добавьте на текущий слайд параметр *Относительная топография* компоненты *Аэрология*, выбрав в диалоговом окне *Аэрология* в качестве нижнего уровня — 1000 гПа, а верхнего — 500 гПа. Параметр представьте изолиниями розового цвета толщиной 12 мм и подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 11.

В центрах высоких значений относительного геопотенциала с помощью компоненты *Значки* отметьте Т (тепло), в центрах низкого — Х (холод) (рис. 5.36).

Причай. *Карта относительной барической топографии 500/1000*, как правило, служит для анализа положения высотных фронтальных зон, очагов тепла и холода в нижней половине тропосферы, а также анализа эволюции барических образований [13]. Чаще всего над передней частью развивающегося (углубляющегося) циклона у поверхности Земли располагается гребень тепла, в его тылу — ложбина холода, и чем сильнее контраст между ними, тем активнее будет развиваться циклон. Когда над приземным центром циклона располагается очаг холода на ОТ500/1000, условия для его развития становятся неблагоприятными и циклон обычно заполняется.

Над передней частью развивающегося (усиливающегося) антициклона располагается ложбина холода, в его тылу — гребень тепла, и чем сильнее контраст между ними, тем активнее будет развиваться антициклон. Когда над приземным

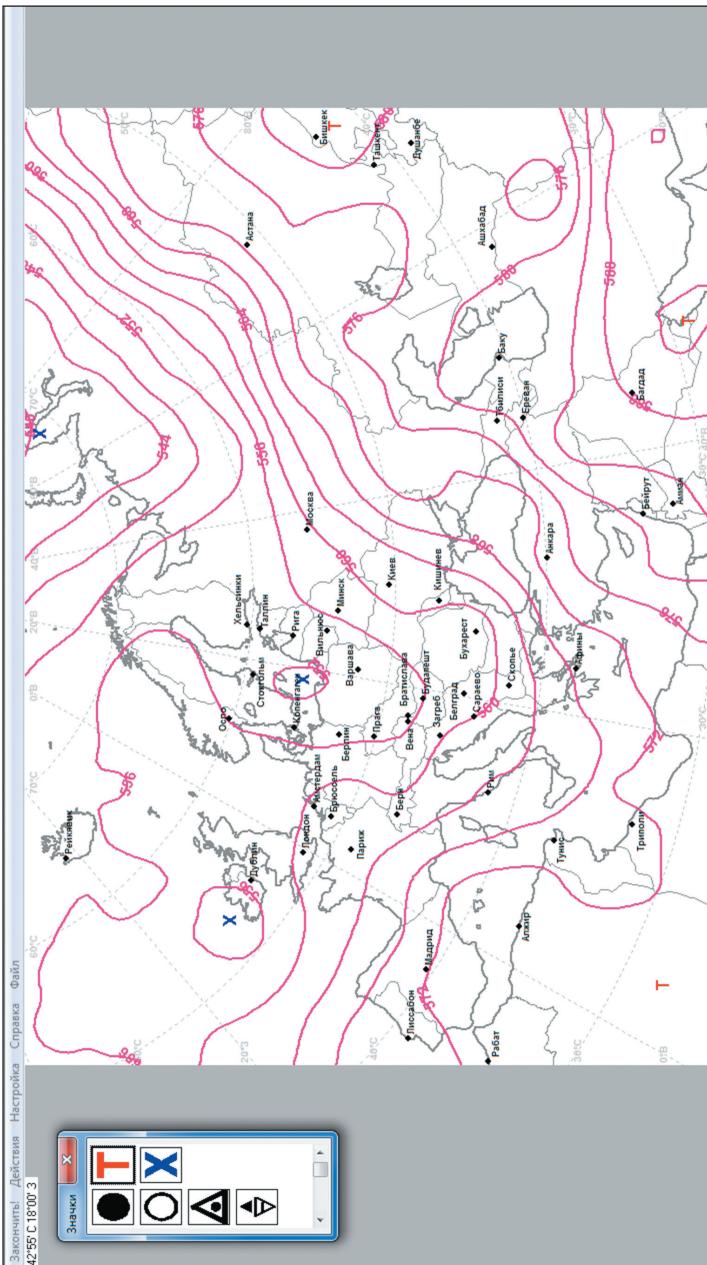


Рис. 5.36

центром антициклона располагается очаг тепла на ОТ500/1000, антициклон становится малоподвижным барическим образованием, которое разрушается.

По карте ОТ500/1000 оценивают такую метеорологическую величину, как термический ветер, позволяющий выявить направление адвекции тепла или холода. Как правило, скорость термического ветра пропорциональна горизонтальному градиенту температуры, т. е. густоте изогипс.

Шаг 14. Используя весь комплекс построенных карт барической топографии, определите *вертикальную протяженность и особенности наклона вертикальной оси приземных барических образований*. На этом основании выявите *стадию развития циклонов и антициклонов*.

На текущем слайде отключите визуализацию всех компонент кроме *География* и *Города*. Покажите созданные изолинии геопотенциалов стандартных изобарических поверхностей 850 гПа и 700 гПа (визуализировав их контрастными друг от друга цветами) и *центры приземных барических образований* (рис. 5.37). Аналогично с последними отразите *геопотенциалы* поверхностей 500 гПа и 300 гПа (рис. 5.38).

По созданным сравнительным визуализациям *проанализируйте вертикальную протяженность приземных барических образований*. Выделите *приземные* циклоны и антициклоны (прослеживающиеся только в приземном барическом поле), *низкие* (имеют замкнутые изобары у поверхности Земли и на АТ850 и отсутствуют на вышележащих уровнях), *средние* (отмечаются вплоть до АТ500) и *высокие* (прослеживаются во всей тропосфере вплоть до АТ300) барические образования. Кроме этого выделите (если имеются) *верхние* барические образования (прослеживаются на высотах при их отсутствии в нижних слоях атмосферы) и *стратосферные* циклоны и антициклоны (высокие барические образования, простирающиеся в стратосферу либо самостоятельно образовавшиеся там).

Также определите *наклон вертикальной оси приземных барических образований*. Помните, что, как правило, вертикальная ось циклона наклонена в сторону наиболее холодной воздушной массы (обычно на северо-запад), а ось антициклона — в сторону наиболее теплой (обычно на юго-запад).

В результате анализа карт приземного барического поля АТ850, АТ700, АТ500, АТ300, ОТ500/1000 выявите *стадию развития* (начальная стадия или стадия возникновения, стадия молодого циклона/антициклона, стадия максимального развития, стадия заполнения циклона/разрушения антициклона [13]) каждого барического образования на территории вашего варианта. Помните, что небольшие циклонические возмущения и даже молодые циклоны не имеют на высотах замкнутых барических центров. Вместо этого над холодным циклоническим тылом имеется ложбина, по соседству с которой в передней части циклона на приземной карте находится барический гребень. Окклюдированный

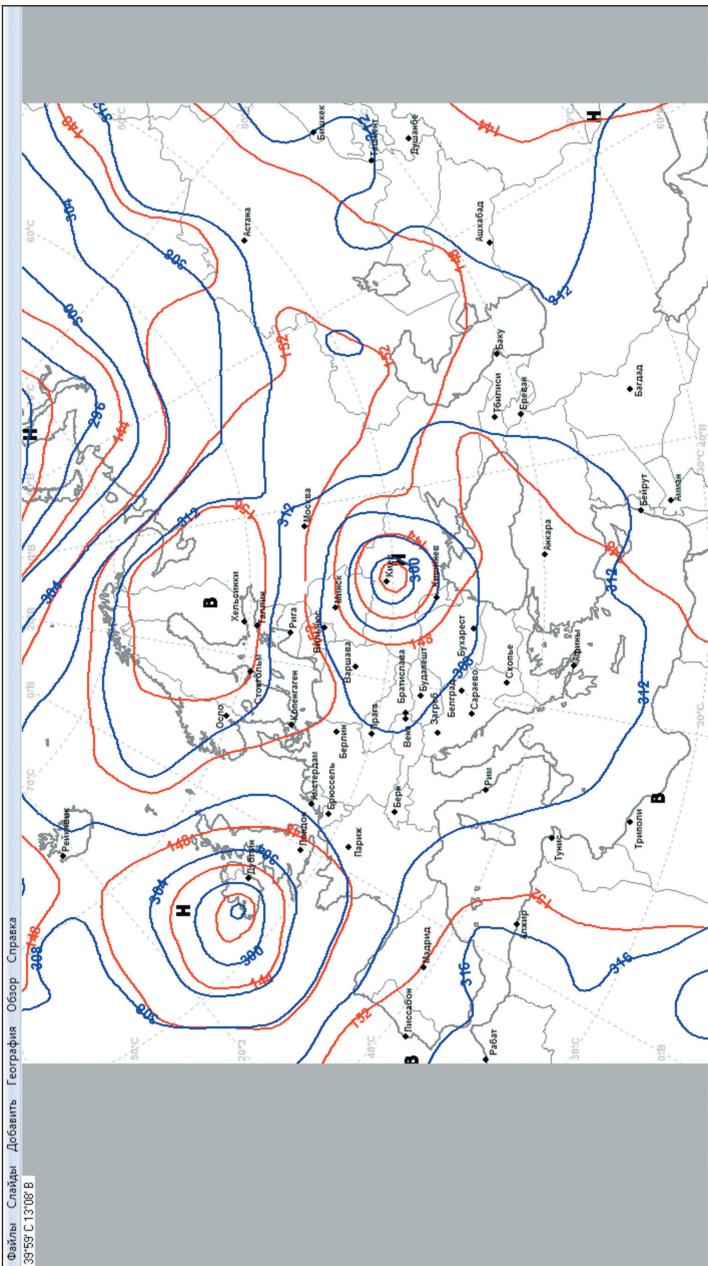


Рис. 5.37

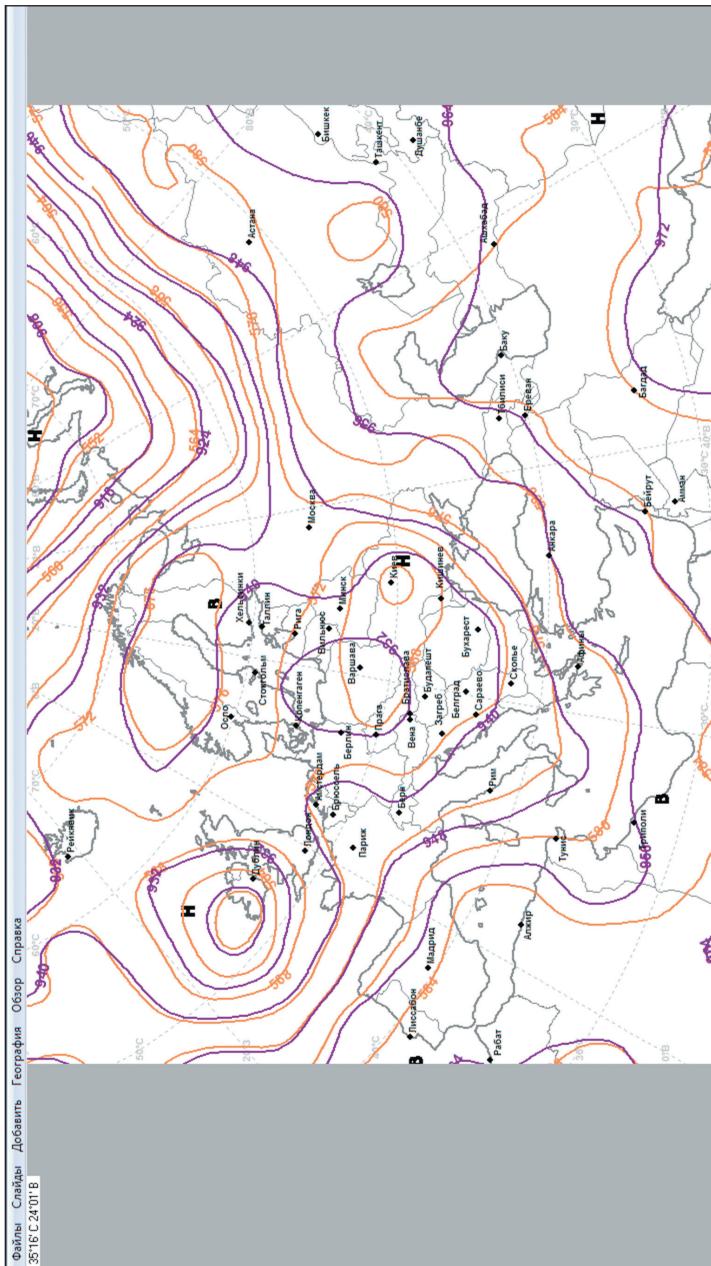


Рис. 5.38

циклон в виде замкнутой системы изогипс прослеживается до больших высот (вплоть до стратосферы, вовлекая в свою циркуляцию даже нижние ее слои). Приземные антициклоны в первых стадиях своего развития не имеют на высотах над своей центральной частью замкнутых изогипс. Зимние холодные антициклоны (типа азиатского) представляют собой низкие образования. Выше 3—4 км над ними уже имеется ложбина или даже высотный циклон.

Контрольные вопросы и задания

1. С помощью каких компонент программы ГИС «Метео» синоптик может анализировать приземное и высотное барические поля?
2. Какими аэрологическими параметрами синоптик имеет возможность оперировать в ГИС «Метео»? Какие формы представления оптимальны для данных аэрологического зондирования?
3. Какую информативность несет в себе компонента ГИС «Метео» «Струйные течения»?
4. Опишите алгоритм анализа в ГИС «Метео» вертикальной протяженности приземных барических образований, наклона их вертикальной оси, а также выявления их стадии развития.

Задание 5.4. Оперирование обычными расчетными компонентами ГИС «Метео»: ГРИБ, «Метеопрогноз ГРИБ», «Турбулентность», «Обледенение», «Разрезы», «Струйные течения»

Цель задания: научиться анализировать текущую и прогнозную синоптическую ситуацию для целей авиации, строить в ГИС «Метео» карты зон турбулентности в атмосфере, обледенений воздушных судов, струйных течений, а также вертикальные разрезы вдоль трасс полетов судов по фактическим (аэрологическим) и прогнозистическим данным.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. На компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео», выполните загрузку текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) в метеорологическую базу данных реального времени Meteo.cdb.

Также на сервер запишите прогнозистическую информацию Мирового метеорологического центра «Москва» (ММЦ «Москва»), передаваемую в коде GRIB (ГРИБ). Для этого откройте любой Интернет-браузер, введите web-адрес официального сайта Главного вычислительного центра Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — <http://mcc.hydromet.ru/>. В разделе *Продукция* (рис. 5.39) скачайте на компьютер *Данные ММЦ «Москва» в коде GRIB*,

а также *Объективный анализ ММЦ «Москва» в коде GRIB* и *Прогнозы ММЦ «Москва» в коде GRIB* на текущий день недели для северного полушария в формате *.bin.

Для загрузки полученных данных в базу данных прогнозов в коде GRIB ГИС «Метео» (GRIB.cdb) откройте программу *Раскодирование данных GRIB* (Пуск → Все программы → GIS Meteo → Workstation → Server → *Раскодирование данных GRIB*). Поочередно в программной среде открывайте скачанные прогностические данные (Файл → *Открыть*). Автоматически они будут раскодированы и загружены в базу данных GRIB.cdb (рис. 5.40).

Причина. В шаге 1 описан алгоритм ручной загрузки информации в базу данных прогнозов в коде GRIB для формирования у студентов более глубокого понимания принципов работы с базами данных ГИС «Метео». Следует отметить, что в настоящее время загрузка прогнозов в GRIB.cdb осуществляется автоматически в режиме on-line без участия оператора АРМ ЛАССО [7].

Шаг 2. Откройте программу *ГИС «Метео»*. Создайте новый слайд, выбрав в качестве шаблона вариант *Европа*, из общего программного архива.

Установите в качестве базы данных прогнозов в коде GRIB (вид — GRIB) базу *GRIB.cdb* на компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео» (Файл → *Базы данных*). Она расположена на C:\Program files\MAPMAKER\MBASE. На компьютерах, на которых установлены рабочие станции, подключите обозначенную базу данных на сетевом диске, ссылающемся на папку C:\Program files\MAPMAKER\MBASE сетевого компьютера.

Рис. 5.39



Рис. 5.40

Шаг 3. Создайте и оформите *географическую компоненту* (географическая сетка с автоматическим шагом построения, пунктирной линией серебристого цвета размером 0,1 мм, с подписями шрифтом Arial, полу-жирный, размер — 8; береговая линия и границы стран линиями серого цвета размером 0,6 мм и 0,5 мм соответственно) и *компоненту «Города»* (по списку «Аэропорты», надписи черного цвета, шрифтом Arial, полу-жирный, размер — 7) (рис. 5.41).

Шаг 4. С помощью компоненты *Синоптика* визуализируйте на текущем слайде *ветер* (форма представления — значки *ветра* синего цвета) и *давление на уровне моря* (форма представления — изолинии (основные и вспомогательные, шагом — 2,5 гПа) цвета фуксии, толщиной 11 мм для основных и 1 мм для вспомогательных изобар и подписями шрифтом Arial, полу-жирный, размер — 11). Не забудьте выполнить настройку параметров интерполяции. Кроме этого, с помощью компоненты *Погода* покажите на текущем слайде и параметры *облачность* (форма представления — знак бирюзового цвета) и *осадки* (цветное поле с легендой и знак коричневого цвета, размером 12) (рис. 5.42).

Шаг 5. Выполните анализ текущей синоптической ситуации в начальном и конечном пунктах полета воздушного судна. Результаты представьте в виде текста-описания.

Примечание. Предлагается выполнить задания в рамках следующих вариантов: 1) Лиссабон — Тбилиси; 2) Дублин — Анталья; 3) Тронхейм — Триполи; 4) Лондон — Тегеран; 5) Франкфурт — Екатеринбург; 6) Копенгаген — Ташкент; 7) Мурманск — Александрия; 8) Барселона — Новосибирск; 9) Стокгольм — Ираклион; 10) Мадрид — Самара.

Анализ дополните описанием явлений погоды, опасных для взлета и посадки воздушных судов в течение данного сезона года. На текущем слайде отображайте их поочередно с помощью компоненты *Погода*, предварительно скрывая предыдущие компоненты.

Шаг 6. Создайте прогнозную синоптическую карту на ближайшие 6 ч, воспользовавшись компонентами *ГРИБ* и *Метеопрогноз ГРИБ*.

На текущем слайде отключите визуализацию всех компонент кроме *География* и *Города*. С помощью компоненты *ГРИБ* нанесите параметр *ветер* (форма представления — значки *ветра* синего цвета). В качестве прогностической модели выберите ММЦ «Москва», уровень — станции (10 м), срок прогноза — 6 ч (рис. 5.43).

Аналогично добавьте прогностические данные ММЦ «Москва» по *давлению*, выбрав форму представления параметра — изолинии (основные с шагом — 5 гПа, цвета фуксии, толщиной 11 мм и подписями шрифтом Arial, полу-жирный, размер — 11) и задав уровень — моря. *Осадки за 6 ч* на уровне станции покажите *цветным полем*. С помощью компоненты

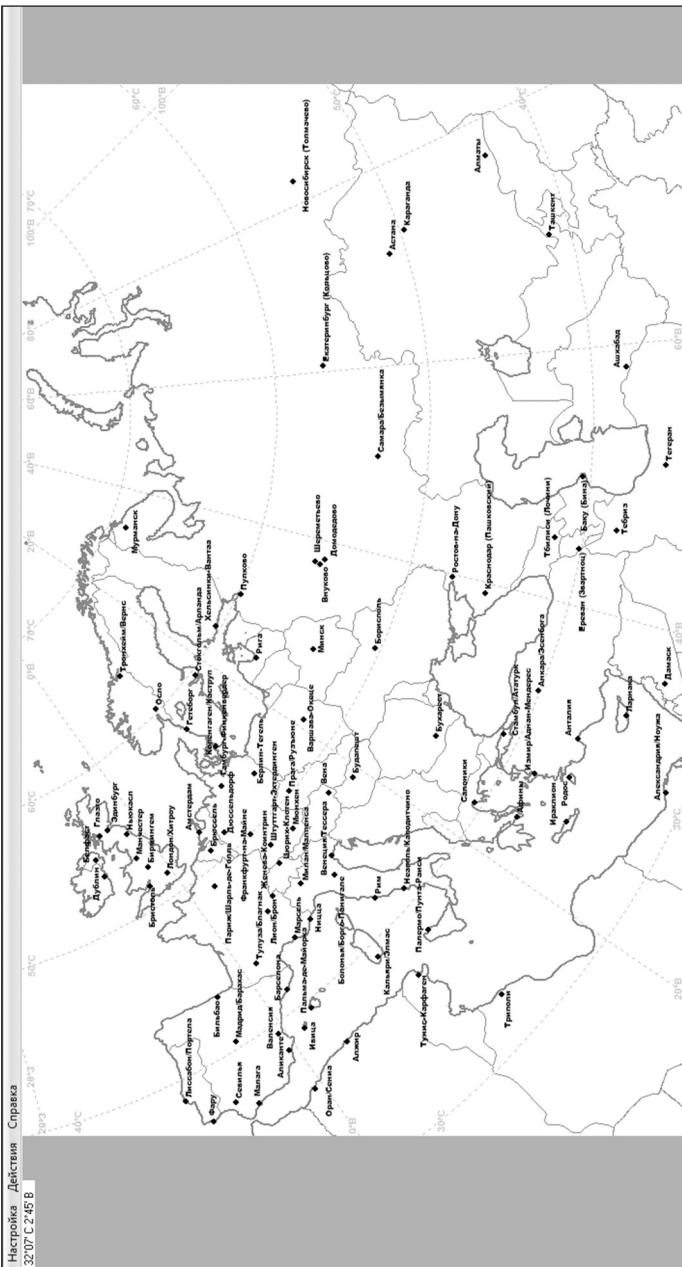
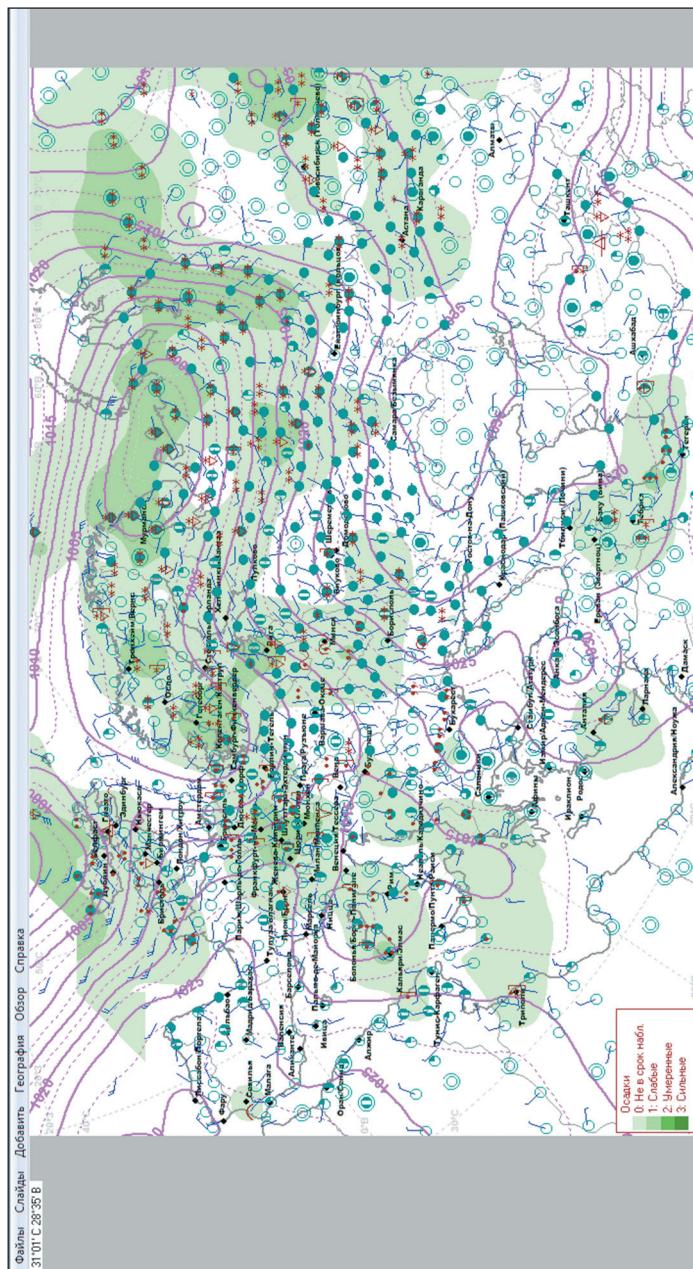


Рис. 5.41

Рис. 5.42



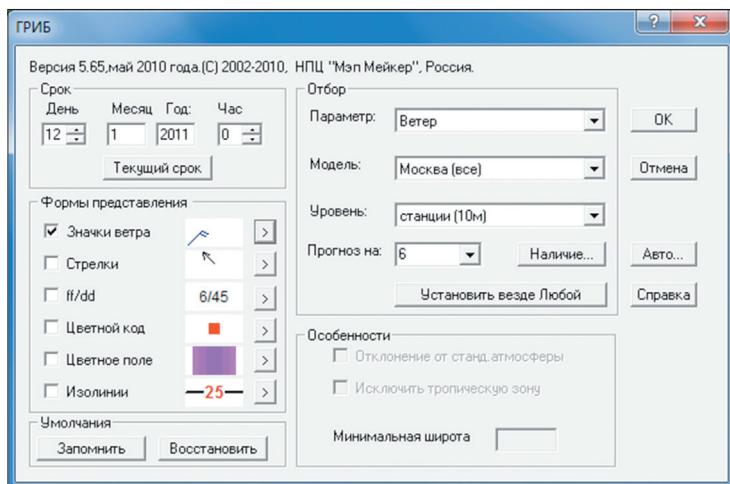


Рис. 5.43

«Метеопрогноз ГРИБ» (рис. 5.44) визуализируйте **облачность**, представив ее значениями (баллами) черного цвета.

Шаг 7. Проанализируйте изменения синоптической ситуации по данным краткосрочного прогноза (рис. 5.45) в начальном и конечном пунктах полета воздушного судна по сравнению с текущей ситуацией.

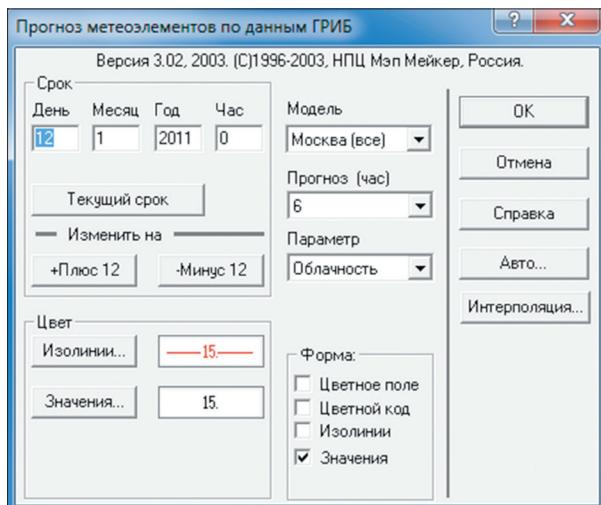


Рис. 5.44

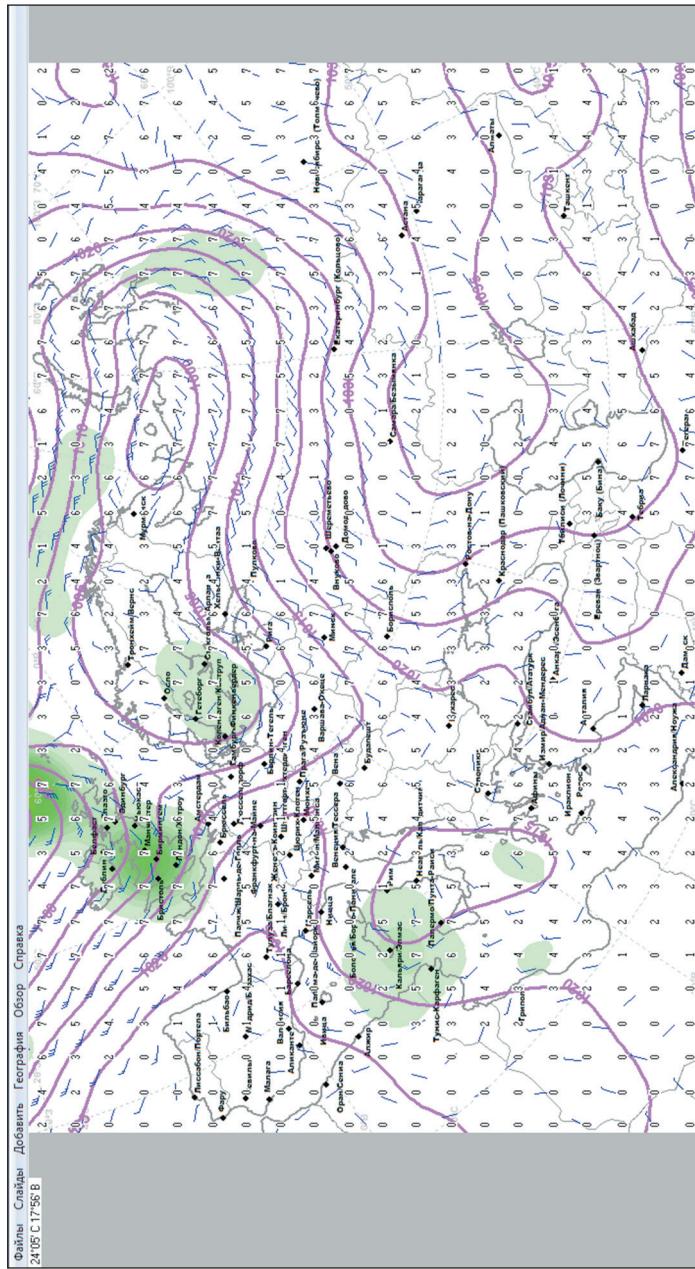


Рис. 5.45

С помощью компоненты «Метеопрогноз ГРИБ» выявите опасные для авиации метеорологические явления в аэропортах взлета и посадки.

Шаг 8. Поскольку преимущественной высотой движения воздушного судна во время полета будет 10 000 м, покажите на текущем слайде **зоны турбулентности** стандартной изобарической поверхности 300 гПа.

Причина. *Турбулентность* является одним из наиболее опасных метеорологических явлений, оказывающих влияние на полеты воздушных судов. Она вызывает *болтанку* самолетов. Интенсивность атмосферной турбулентности сильно изменяется во времени и в пространстве. Обычно вне пограничного слоя атмосферы воздушный поток является слабо возмущенным и только в отдельных слоях или целых зонах наблюдается усиленное перемешивание воздуха. Основной причиной турбулентности воздушных течений являются возникающие в атмосфере контрасты в поле ветра и температуры, вызванные следующими явлениями: трением воздуха о поверхность; деформациями воздушных течений орографическими препятствиями; неравномерным нагреванием различных участков подстилающей поверхности; процессами облакообразования; взаимодействием воздушных масс, различных по своим свойствам; наличием в атмосфере инверсионных слоев и др. [6, 20].

Для характеристики микрометеорологических свойств стратифицированной атмосферы используется число Ричардсона (Ri). В зависимости от числа Ri принято различать неустойчивую ($Ri < 0$), устойчивую ($Ri > 0$) и безразличную ($Ri = 0$) стратификацию атмосферы [13].

Нанесите изолиниями красного цвета **зоны турбулентности на время начала полета** (компоненты *Турбулентность*) и изолиниями синего цвета **прогнозную турбулентность через 6 ч после начала полета** по данным ММЦ «Москва» (компоненты *Турбулентность ГРИБ*) (рис. 5.46). Выявите основные причины возникновения и динамики зон турбулентности.

Шаг 9. Изучите пространственное распределение **зон обледенений** вдоль трассы полета судна по фактическим (аэрологическим) данным.

Причина. *Обледенением* называют отложение льда на отдельных частях самолета. Оно увеличивает полетный вес самолета, ухудшает его аэродинамические качества, нарушает нормальную работу двигателей и навигационного оборудования, ухудшает прозрачность кабины пилота; поэтому прогноз обледенения занимает важное место в прогнозе метеорологических условий полетов.

Обледенению подвергаются все типы воздушных судов. Оно возникает при полете в облаках, тумане, мокром снегу, переохлажденных осадках при температурах от 0° до минус 40 °C. Обледенение возникает вследствие сублимации водяного пара, когда при резком снижении охлажденный самолет попадает в более теплый, влажный воздух, а также при замерзании капель воды, сталкивающихся с поверхностью самолета [6, 20].

Интенсивность обледенения пропорциональна скорости полета самолета, видности облака, захвату крыла. Различают слабую (менее 0,5 мм/мин), умеренную

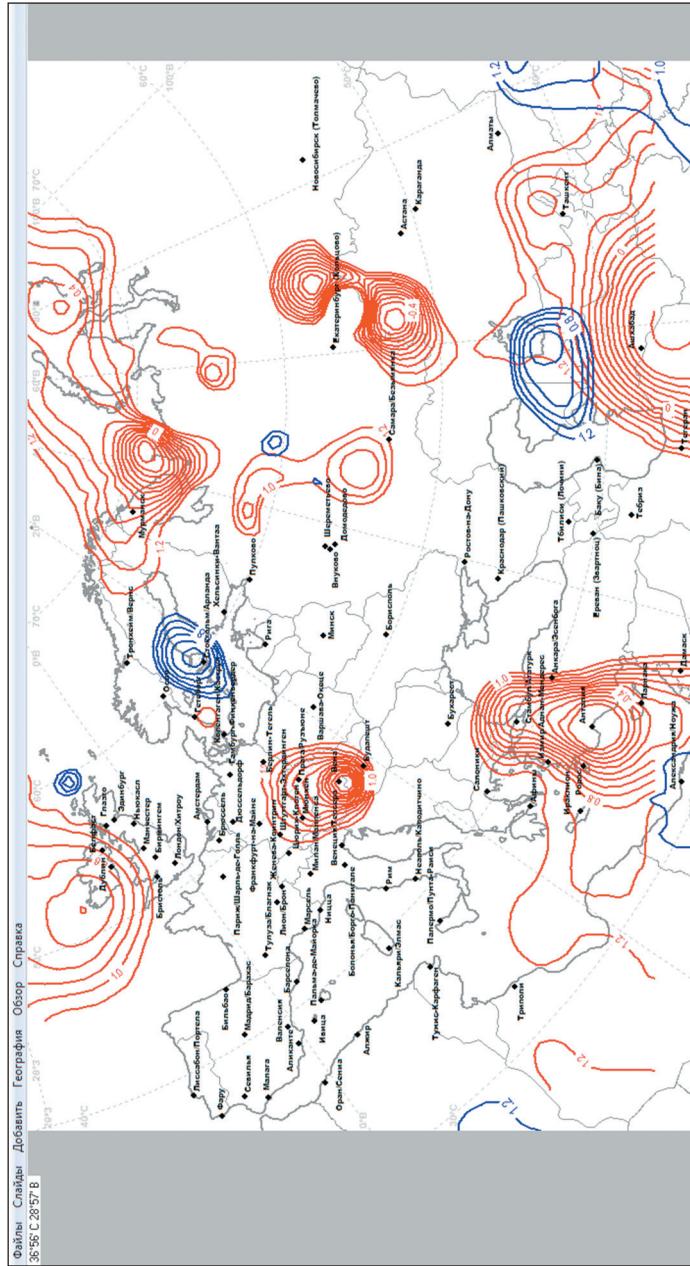


Рис. 5.46

(0,51—1,0 мм/мин), сильную (1,1—2,0 мм/мин) и очень сильную (более 2,0 мм/мин) интенсивность обледенения.

Визуализируйте на текущем слайде слой наиболее интенсивного обледенения, который ограничивают изотермы 0 и минус 20 °С. С помощью компоненты *Обледенение* покажите *высоту изотермы 0 °С изолиниями* цвета фуксии, а *изотермы минус 20 °С — изолиниями* красного цвета. Учитывая, что в основном обледенение происходит при наборе или снижении высоты, отразите на слайде *зоны обледенений при скорости движения воздушного судна менее 200 км/ч цветным полем* и изолиниями синего цвета (рис. 5.47). По созданному слайду проанализируйте метеообстановку в пункте взлета воздушного судна.

Шаг 10. Аналогично предыдущему шагу отобразите *прогнозную ситуацию с обледенением через 6 ч* по данным ММЦ «Москва» с помощью компоненты *Обледенение ГРИБ* (рис. 5.48). По созданному слайду проанализируйте метеообстановку в пункте посадки судна.

Шаг 11. По фактическим данным постройте *вертикальный разрез вдоль трассы полета воздушного судна*. Для этого выберите в меню *Добавить* компоненту *Разрезы*, укажите текущий срок. Перед построением разреза настройте компоненту, выбрав в меню действий *Настройка*. В диалоговом окне настраивается ширина разреза, т. е. ширина коридора вдоль трассы полета, куда будут попадать пункты зондирования.

Пример. При редкой сети зондирования рекомендуется увеличивать ширину разреза до 200 — 300 км. Такую же ширину можно устанавливать и для прогностических данных, если трасса ориентирована строго вдоль параллелей или меридианов, так как узлы сетки с прогностическими данными могут располагаться в тех же пределах (шаг 2,5°) [8].

Для создания разреза войдите в меню *Действия* и выполните команду *Рисовать разрез*. После этого, нажав левую кнопку мыши, отметьте первую точку на карте (начальную точку линии разреза). Затем подведите курсор к следующей точке и снова нажмите левую кнопку мыши. Если эти две точки являются начальным и конечным пунктами трассы, то нажмите правую кнопку мыши. На экране появится линия (трасса) и окно, в котором будет изображен вертикальный разрез.

Выполните *настройки визуализации созданного разреза*. В качестве значений ничего не выводите (меню *Значения*). Цветным полем представьте скорость ветра в м/с (Цветное поле → *Скорость ветра*), добавьте шкалу (Вид → *Шкала*). В качестве изолиний (меню *Изолинии*) на разрезе покажите температуру, дефицит точки росы и болтанку. Подберите для каждого параметра вид представления (Вид → *Типы линий*) (рис. 5.49).

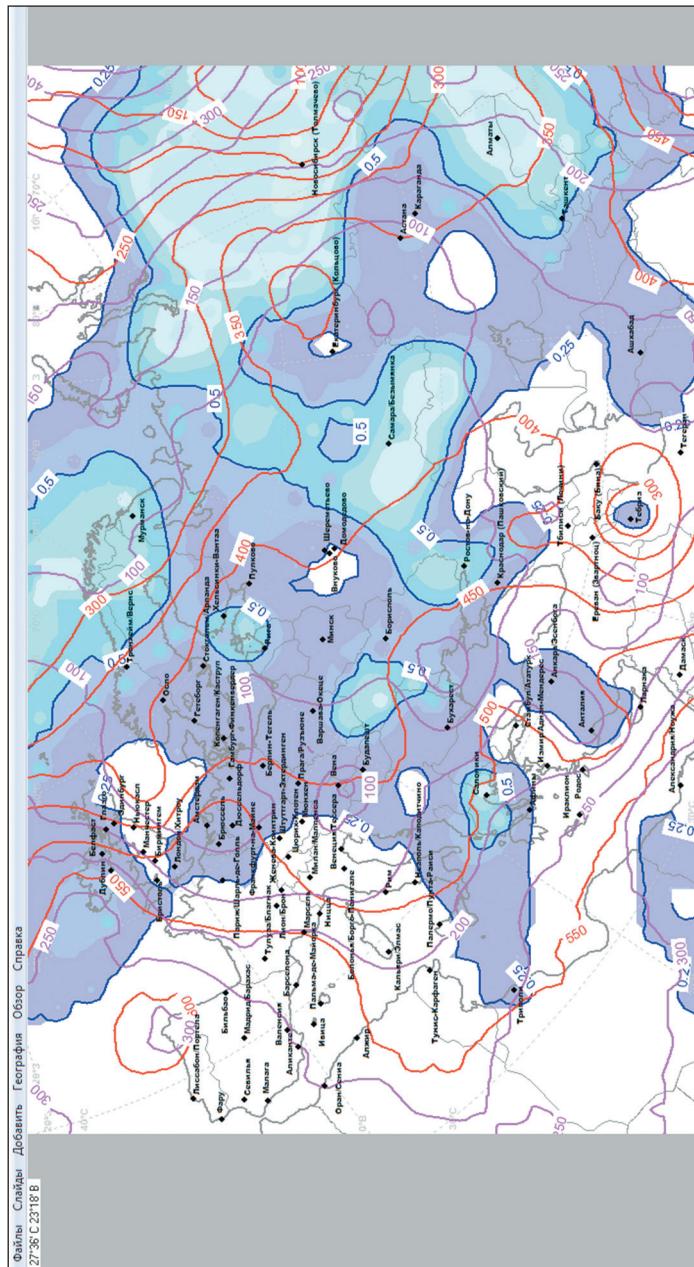


Рис. 5.47

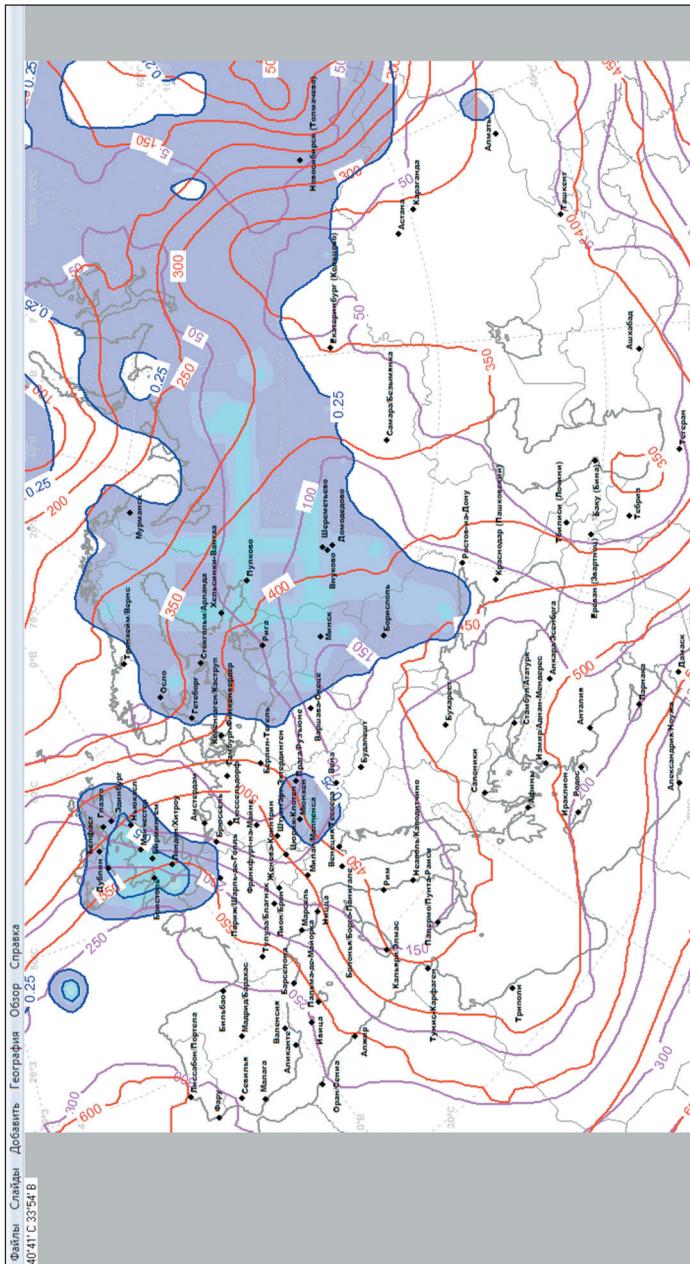
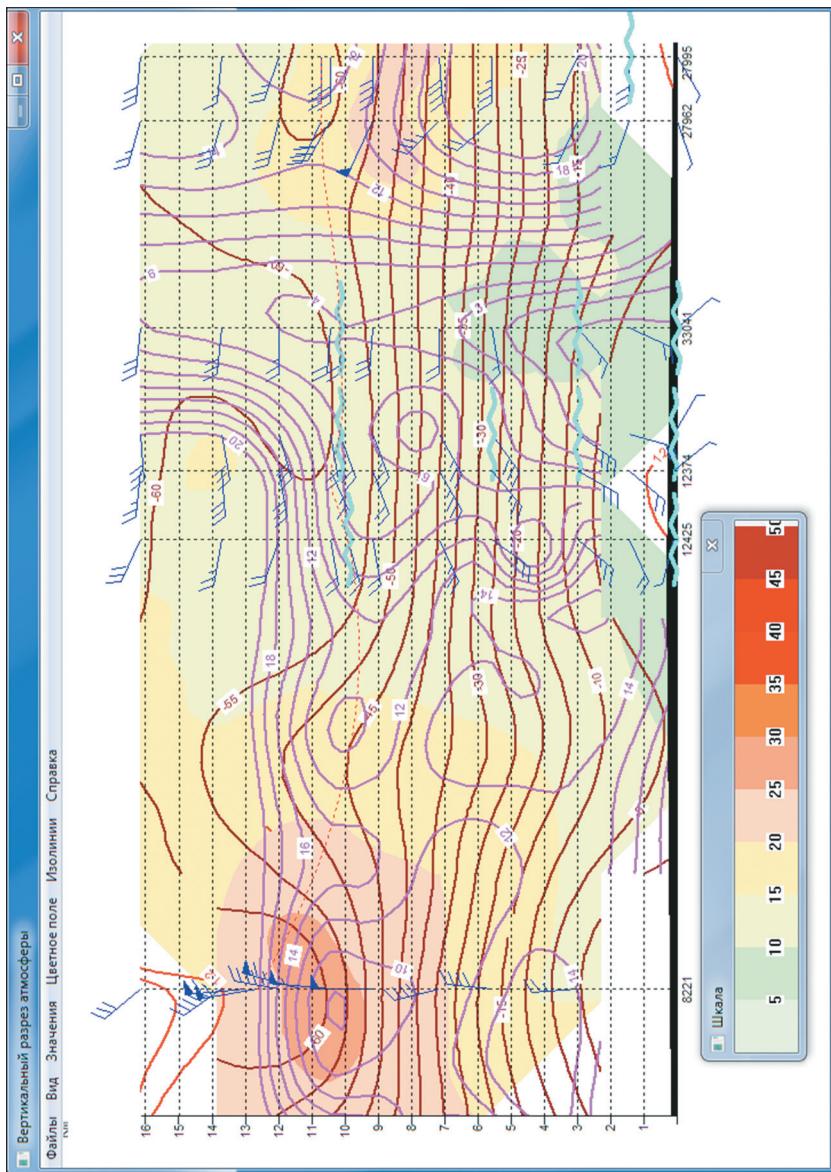


Рис. 5.48

Рис. 5.49



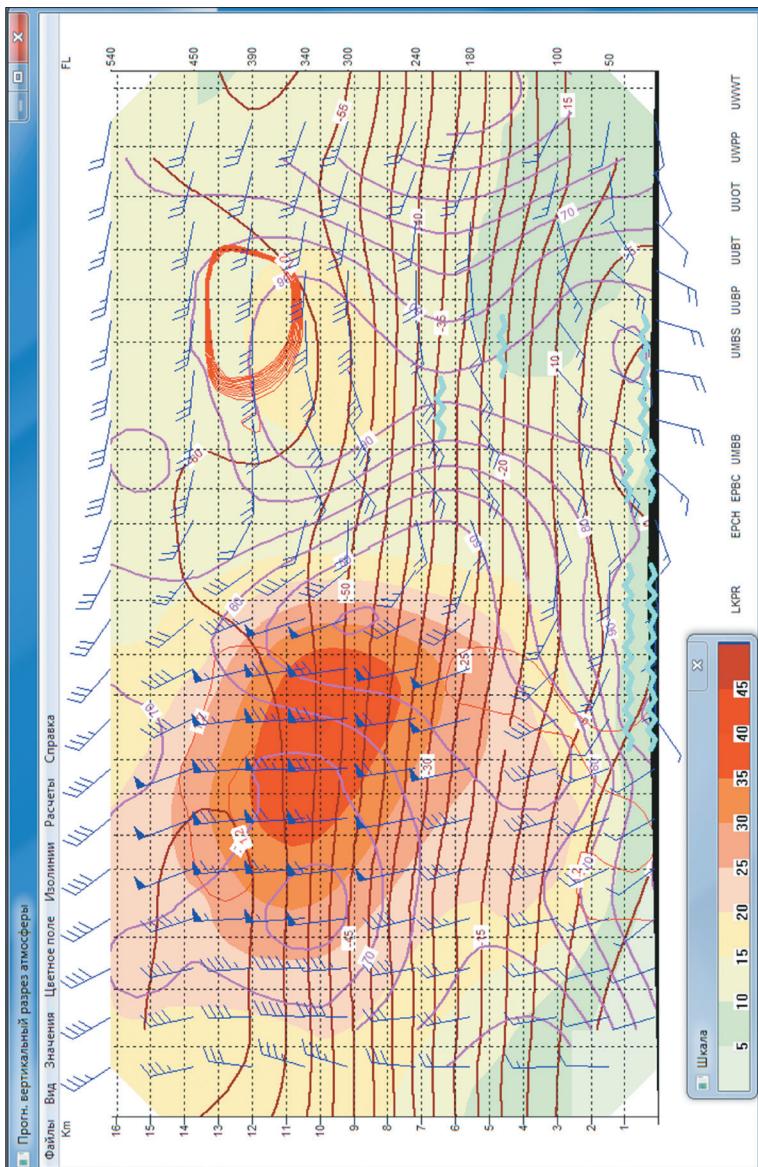
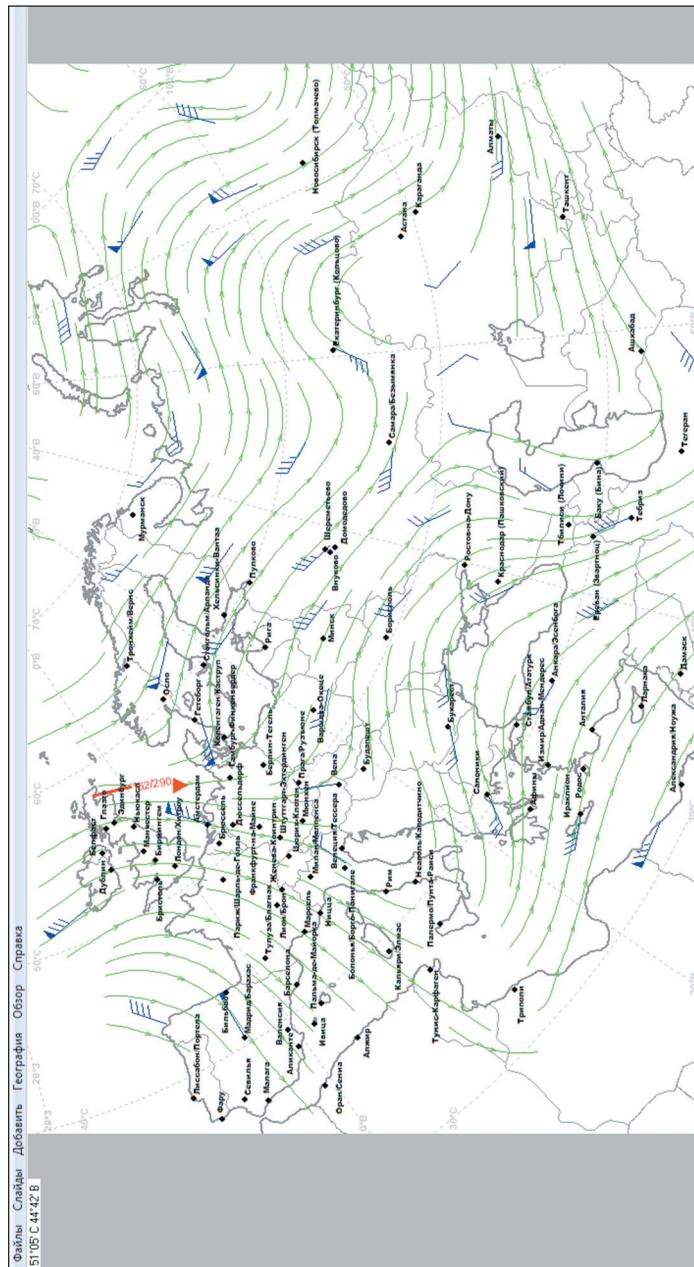


Рис. 5.50



Pyc. 5.51

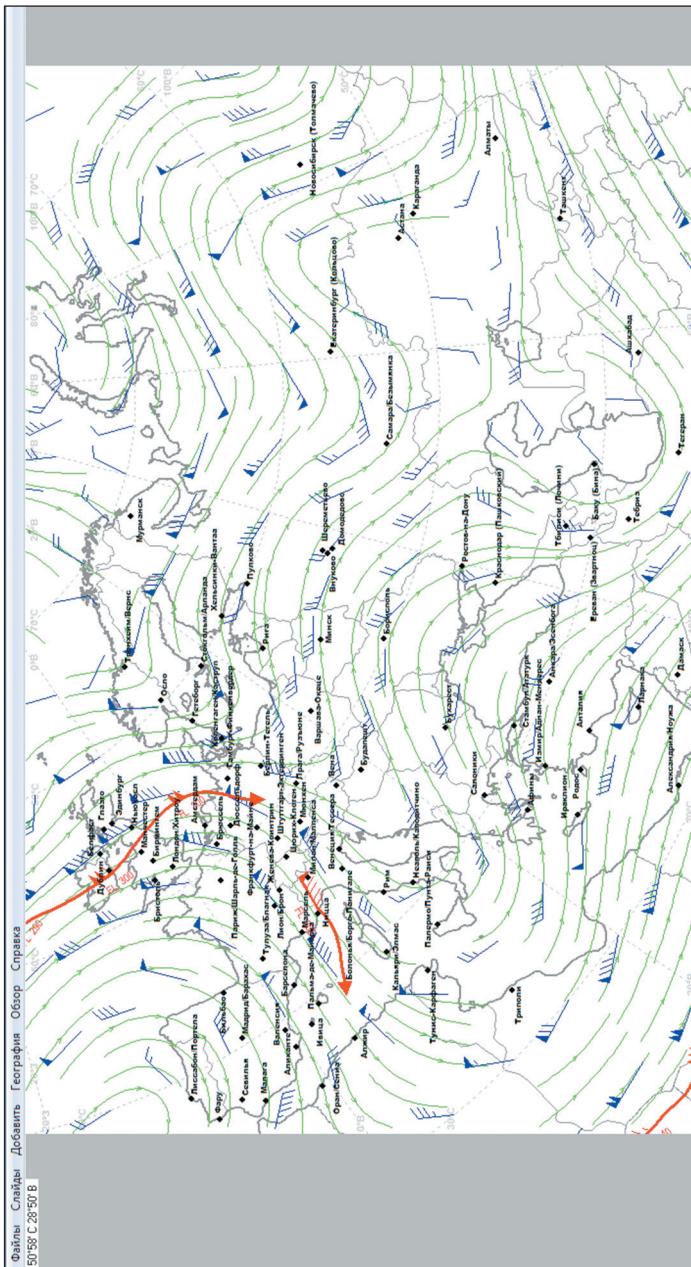


Рис. 5.52

Шаг 12. Аналогично предыдущему шагу создайте *вертикальный разрез вдоль трассы полета самолета через 6 ч от текущего срока* по прогнозическим данным ММЦ «Москва» с помощью компоненты *Разрезы ГРИБ* (рис. 5.50).

Шаг 13. Выполните сравнительный анализ построенных вертикальных разрезов. Скорректируйте полет воздушного судна по заданному маршруту с учетом фактических и прогнозических данных. Результаты представьте в виде теста-описания.

Шаг 14. Проанализируйте ситуацию со *струйными течениями* в верхней тропосфере и нижней стратосфере с помощью компонент *Струйные течения* и *Струйные течения ГРИБ*. Создайте слайды, отображающие *струйные течения, линии тока и ветер* стандартной изобарической поверхности 300 гПа на текущий срок (по аэрологическим данным) (рис. 5.51) и через 6 часов (по прогнозическим данным ММЦ «Москва») (рис. 5.52).

Изучите направления, скорости и динамику струйных течений. Скорректируйте движение воздушного судна, учитывая то, что, если полет в зоне струйного течения осуществляется против ветра, путевая скорость резко уменьшается, при полете по ветру — возрастает. При попутном струйном течении маршрут должен выбираться с таким расчетом, чтобы он проходил вдоль или вблизи струйного течения, где встреча с зонами турбулентности менее вероятна.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие компоненты ГИС «Метео» используются в авиационной метеорологии?
2. В каких явлениях атмосферы кроются причины возникновения турбулентности? На каких высотах они способны повлиять на полеты воздушных судов?
3. Почему в атмосфере возникают зоны обледенения воздушных судов? Какие метеорологические параметры используются для оценки их распространения и интенсивности в ГИС «Метео»?
4. Какие метеовеличины можно визуализировать с помощью вертикальных разрезов ГИС «Метео»? Назовите единицы их измерения.

Задание 5.5. Приемы анализа и прогноза погоды в ГИС «Метео»: первичный анализ погоды, проведение линий фронтов

Цель задания: освоить алгоритм построения с помощью ГИС «Метео» синоптических карт, определение по ним барических образований и линий фронтов, выявление их динамики.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. На компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео», выполните загрузку текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) в метеорологическую базу данных реального времени Meteo.cdb на 12, 15, 18, 21 ч в формате *.rec.

Шаг 2. Откройте программу *ГИС «Метео»*. Создайте новый бланк на основе существующих шаблонов программных архивов ГИС «Метео».

П р и м е ч а н и е. Предлагается выполнить задание в рамках следующих вариантов: 1) Западная Европа; 2) Восточная Европа; 3) Сибирь и Дальний Восток; 4) го-Западная и Южная Азия; 5) Восточная и Юго-Восточная Азия; 6) Австралия и Океания; 7) Северная Америка; 8) Южная Америка; 9) Африка; 10) Антарктида.

Шаг 3. Выполните создание и оформление *географической компоненты* (*географическая сетка* с автоматическим шагом построения, пунктирной линией серебристого цвета размером 0,1 мм, с подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 8; *береговая линия* и *границы стран* линиями серого цвета размером 0,6 мм и 0,5 мм соответственно) и *компоненты «Города»* (по списку *Столицы*, надписи черного цвета, шрифтом Arial, полужирный, размер — 7).

Шаг 4. С помощью компоненты *Синоптика* визуализируйте на текущем слайде *ветер* (форма представления — значки *ветра* синего цвета), *давление на уровне моря* (изолиниями, основными и вспомогательными, коричневого цвета, толщиной 10 мм для основных и 1 мм для вспомогательных изобар и подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 10), *барическую тенденцию* (изолиниями цвета фуксии, толщиной 1 мм и подписями шрифтом Arial, полужирный, размер — 10), *температуру воздуха* (цифрами красного цвета шрифтом Arial, размер — 6). Также покажите *осадки* (компонента *Погода*), выбрав для них такие формы представления, как *цветное поле*, *знак* (темно-зеленого цвета) и *легенда* (рис. 5.53).

Шаг 5. Используя компоненту *Значки* (Добавить → *Значки*), по карте приземного барического поля выделите *циклоны* и *антициклоны* (рис. 5.54).

Шаг 6. Опишите *приземный барический рельеф* территории вашего варианта. Определите наличие таких форм, как *ложбины*, *гребни*, *седловины*.

П р и м е ч а н и е. К основным формам барического рельефа относят [19]: *циклоны* (рис. 5.55, а), *антициклоны* (рис. 5.55, б), *ложбины* (вытянутые от циклона области пониженного давления с горизонтальной осью, причем изобары в области ложбины приблизительно параллельны (рис. 5.55, в)), *гребни* (вытянутые от антициклона области повышенного давления без замкнутых изобар (рис. 5.55, г)) и *седловины* (области барического поля между двумя циклонами или двумя антициклонами, расположенные в шахматном порядке (рис. 5.55, д)).

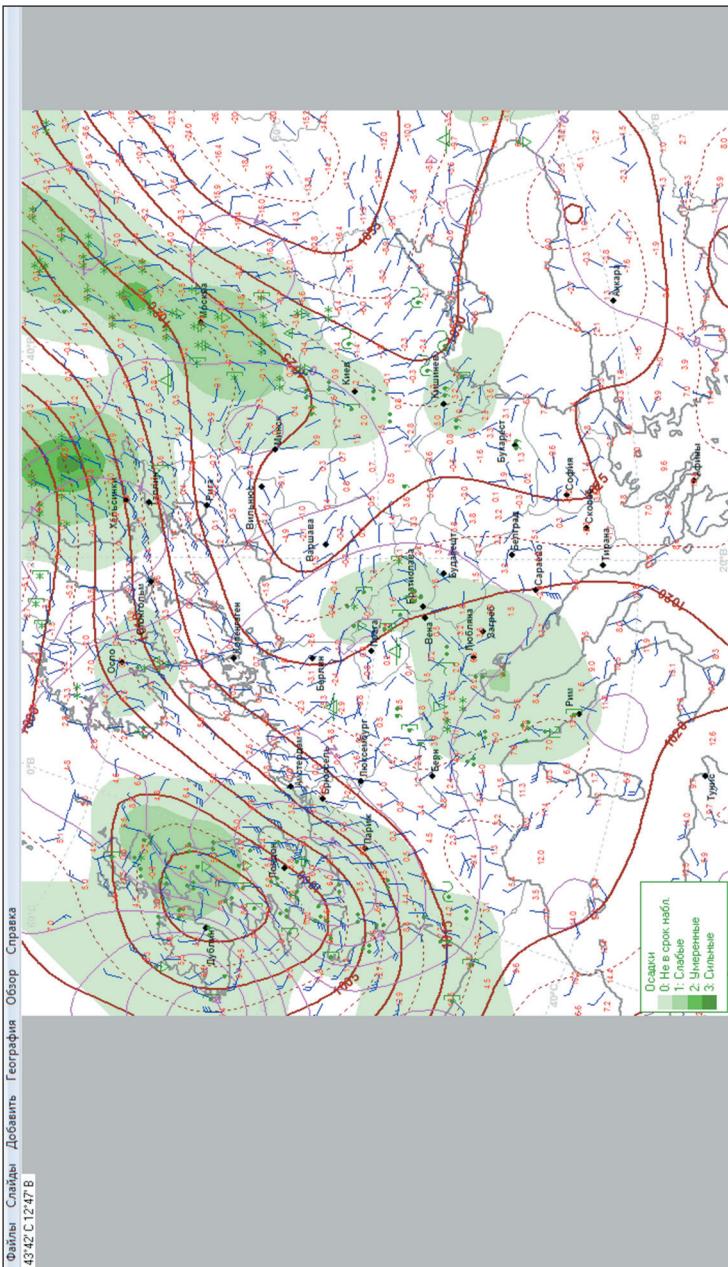


Рис. 5.53

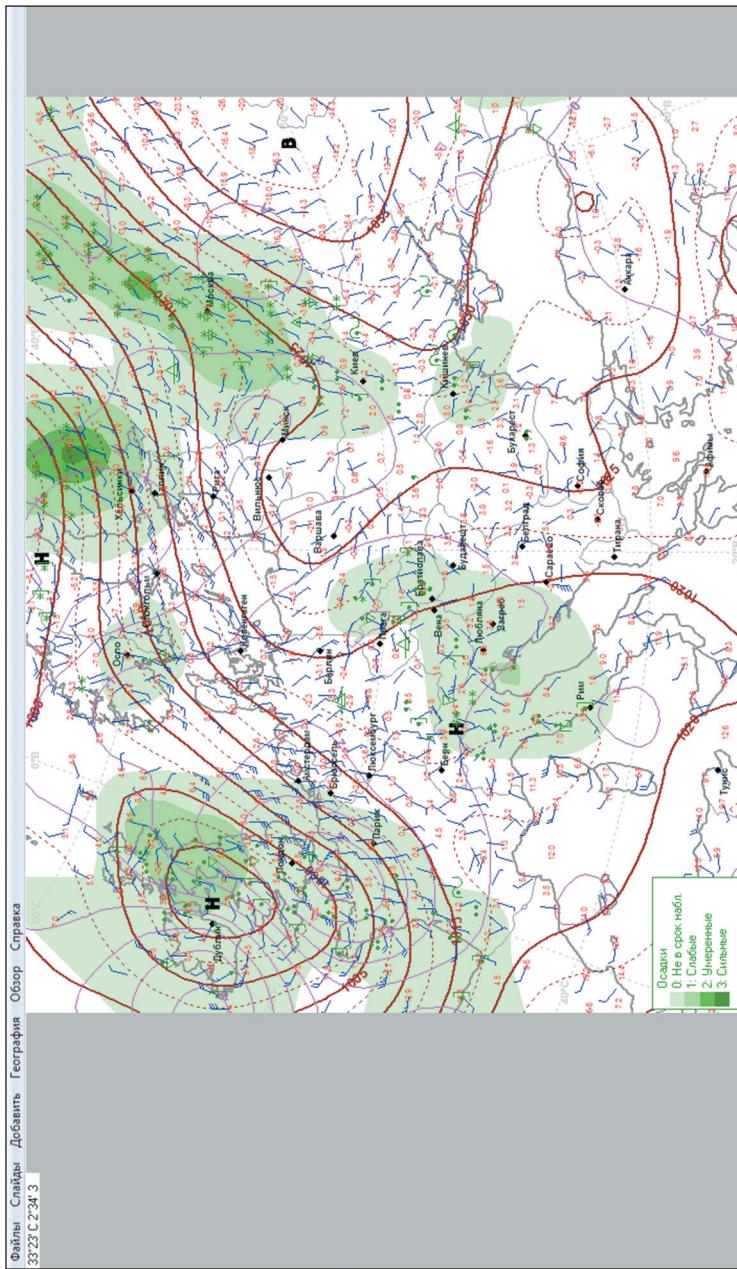


Рис. 5.54

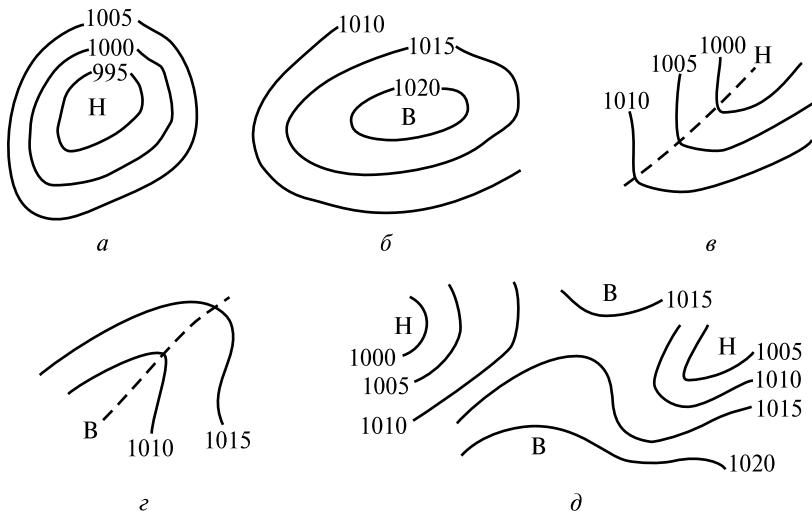


Рис. 5.55 [19]

Выявите стадию развития (начальная стадия, или стадия возникновения; стадия молодого циклона/антициклона; стадия максимального развития; стадия заполнения циклона/разрушения антициклона) каждого барического образования на территории вашего варианта.

Шаг 7. Используя компоненту *Линии* (Добавить → Линии), нанесите на слайд положение атмосферных фронтов.

Причина. Фронтом на приземной карте погоды называют линию пересечения фронтальной поверхности с поверхностью Земли. Определение положения линий атмосферных фронтов производится по комплексу признаков на приземных картах и картах барической топографии при их совместном анализе. Кроме того, учитывается история развития процесса.

К общим признакам, которые в той или иной степени характерны для атмосферных фронтов на приземных картах, относятся следующие [13]:

- линия фронта проходит вдоль оси барической ложбины, вдоль линии фронта наблюдается сходимость воздушных потоков. В приземном слое вследствие сходимости воздушных потоков к оси барических ложбин создаются наибольшие контрасты температуры воздуха, поэтому фронты у Земли располагаются именно вдоль осей барических ложбин. Фронты не могут располагаться вдоль осей барического гребня, где имеет место расходимость воздушных потоков;

- при переходе через линию фронта значения метеорологических элементов (температуры воздуха, точки росы, влагосодержания, горизонтальной видимости и др.) меняются скачкообразно: контраст температуры при переходе из одной воздушной массы в другую может достигать 8–10 °C (рис. 5.56, 5.57);

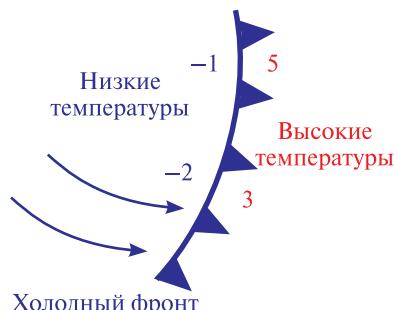


Рис. 5.56 [25]

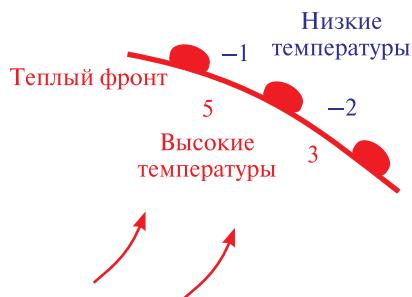


Рис. 5.57 [25]

- барические тенденции по обе стороны фронта различаются по величине и по знаку: за фронтом обычно давление растет, перед фронтом — падает. Наибольший рост давления имеет место за холодным фронтом, а наибольшее падение давления — перед теплым фронтом;
- ветер при прохождении линии фронта всегда поворачивает по часовой стрелке (рис. 5.58);
- для каждого фронта имеется характерная для него зона облачности и осадков (рис. 5.59, 5.60). Перед теплым фронтом наблюдаются облака восходящего скольжения (слоистообразные), с которыми связаны обложные осадки, перед

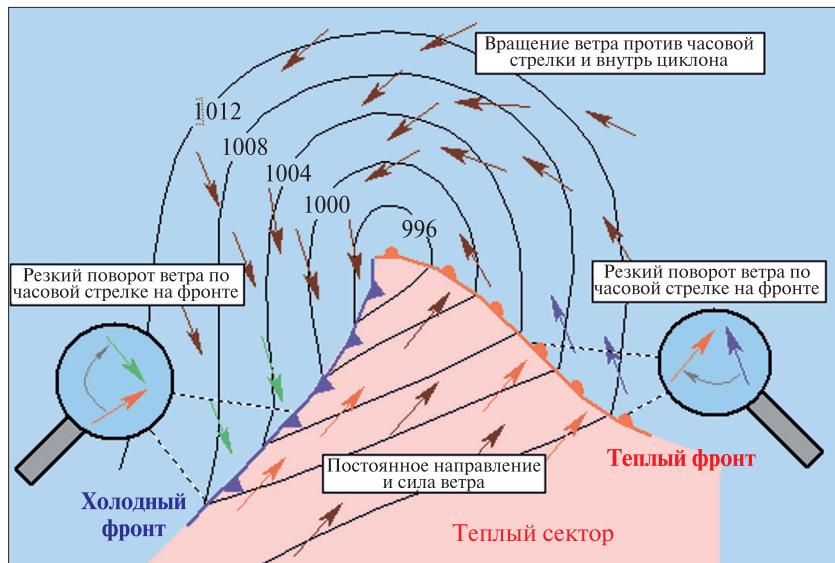


Рис. 5.58 [4]

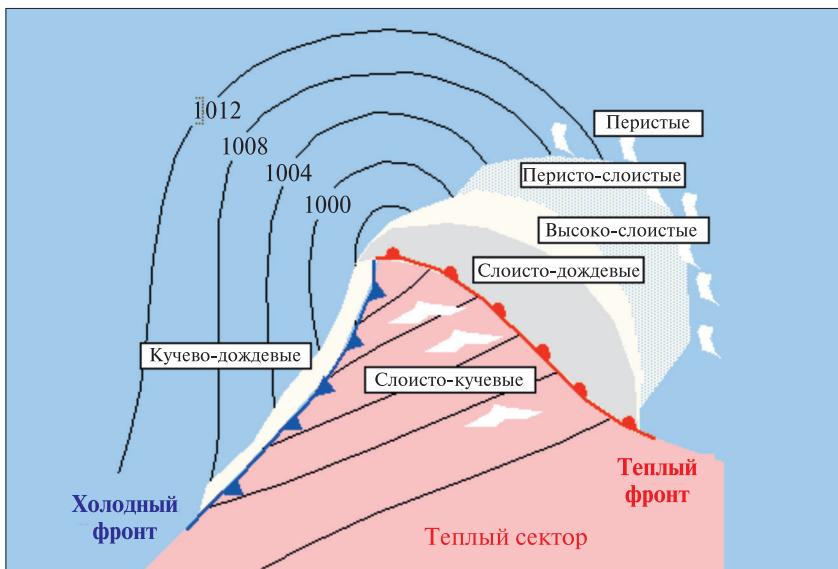


Рис. 5.59 [4]

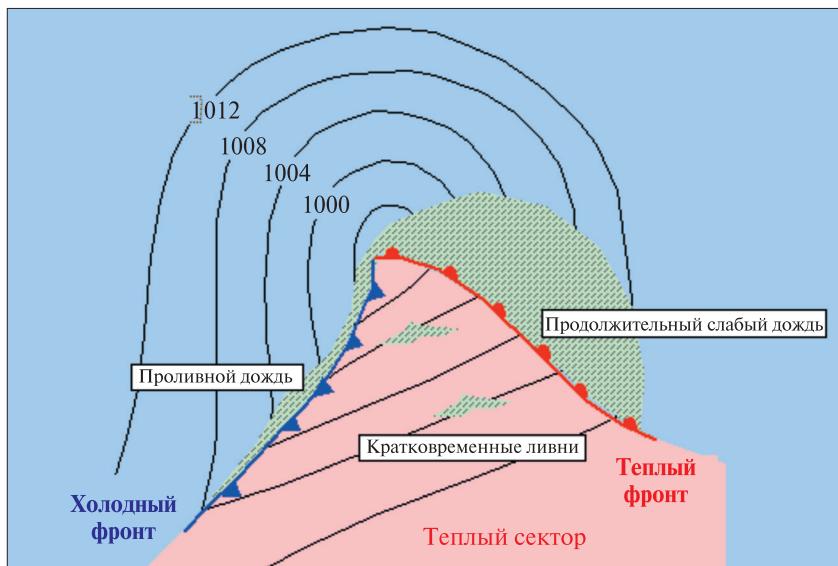


Рис. 5.60 [4]

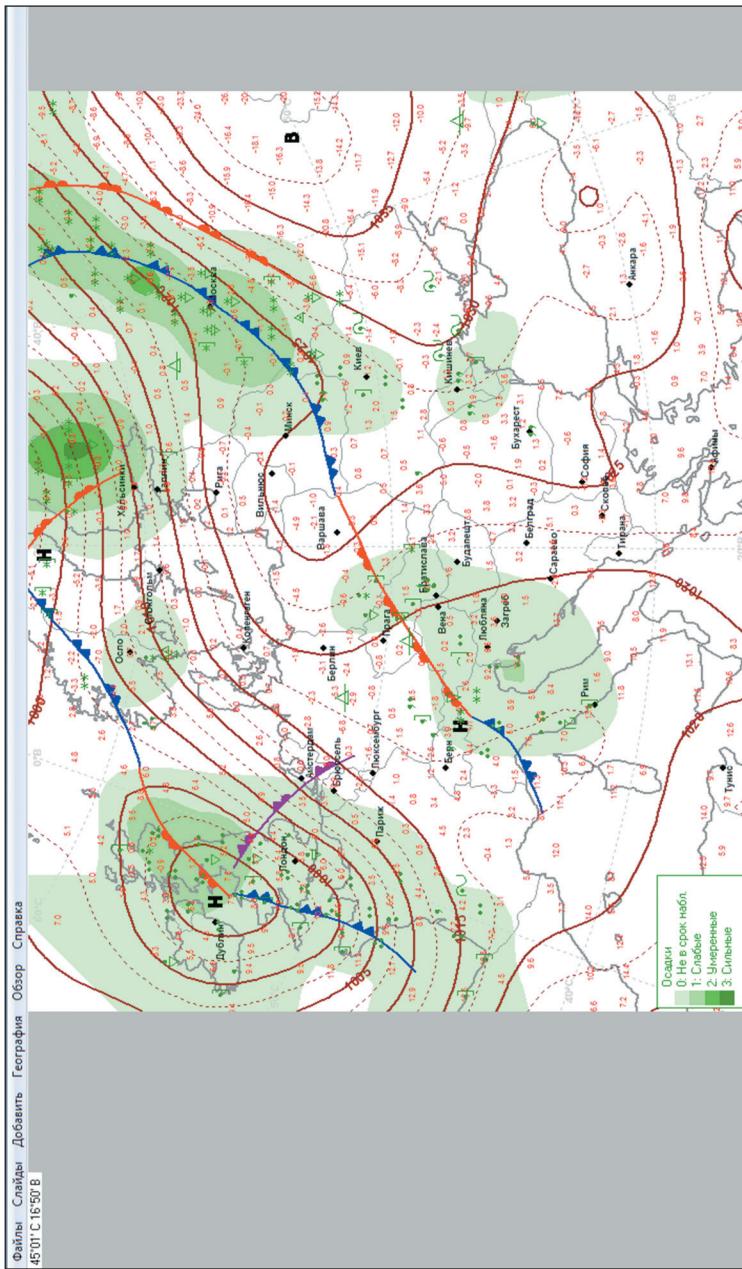


Рис. 5.61

холодным фронтом — типичны кучево-дождевые облака и ливневые осадки. У фронта окклюзии облака и осадки располагаются по обе стороны.

Детально проанализируйте поля: ветра, барической тенденции, температуры, влажности, облачности, дефицита точки росы, осадков на предмет характерных признаков положения атмосферных фронтов. Наметьте теплые, холодные фронты и фронты окклюзии (если таковые имеются на текущий срок анализа) (рис. 5.61).

Для создания фронтов на синоптической карте ГИС «Метео» воспользуйтесь компонентой *Линии*. Выберите в меню действий *Линии* команду *Рисовать*. Определите тип линии фронта (*Линии* → *Тип*). Для рисования линии установите курсор мыши в начальной точке будущей линии и выполните щелчок левой кнопкой мыши. Каждая последующая точка наносится нажатием левой кнопки мыши. Когда все точки будут отмечены, нужно нажать правую кнопку мыши. На слайде появится линия, проведенная через указанные точки.

Для изменения ориентации орнамента (например, флаги на линии фронта повернуты в другую сторону) необходимо выбрать эту линию (*Линии* → *Выбрать*) и затем выполнить команду *Линии* → *Перевернуть*.

Для изменения положения фронта выберите линию и передвиньте ее точки (вершины) с помощью курсора мыши. Для этого подведите курсор в форме руки к точке на линии, которую нужно сдвинуть, и при нажатой кнопке мыши отведите эту точку в нужное положение. Для удаления линии фронта необходимо выбрать ее и выполнить команду *Удалить* меню *Линии*.

Шаг 8. Аналогично шагам 4—7 текущего задания создайте приземные карты погоды на 12, 15, 18, 21 ч текущих суток. Обозначьте на них барические образования и атмосферные фронты. Опишите динамику синоптической ситуации и основные причины ее изменения.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие компоненты ГИС «Метео» используются при первичном анализе погоды?
2. Укажите основные формы барического поля. Дайте им краткую характеристику.
3. Перечислите основные признаки, которые в той или иной степени характерны для атмосферных фронтов на приземных картах погоды.
4. Опишите алгоритм проведения в ГИС «Метео» на синоптических картах линий фронтов.

Задание 5.6. Приемы анализа и прогноза погоды в ГИС «Метео»: работа с прогностическими данными

Цель задания: освоить алгоритмы построения с помощью ГИС «Метео» синоптических и аэрологических карт по прогностическим данным.

Ход выполнения задания:

Шаг 1. На компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео», выполните загрузку текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) в метеорологическую базу данных реального времени Meteo.cdb на 00 ч.

Также на сервер запишите прогностическую информацию ММЦ «Москва», передаваемую в коде GRIB (ГРИБ). Выполните раскодирование и загрузку данных в базу GRIB.cdb.

Шаг 2. Откройте программу ГИС «Метео». Создайте новый бланк на основе существующих шаблонов программных архивов ГИС «Метео».

Примечие. Предлагается осуществить выполнение задания в рамках следующих вариантов: 1) Южная Америка; 2) Восточная и Юго-Восточная Азия; 3) Восточная Европа; 4) Северная Америка; 5) Антарктида; 6) Западная Европа; 7) Австралия и Океания; 8) Сибирь и Дальний Восток; 9) Юго-Западная и Южная Азия; 10) Африка.

Шаг 3. Выполните создание и оформление на текущем слайде компонент *География* и *Города* (рис. 5.62).

Шаг 4. С помощью компонент *Синоптика* и *Погода* визуализируйте на текущем слайде такие метеопараметры, как *ветер*, *давление на уровне моря*, *барическая тенденция*, *температура воздуха* и *осадки* (срок — 00 ч текущих суток). Обозначьте с помощью компонент *Значки* и *Линии* барические образования и фронты (рис. 5.63).

Шаг 5. Используя компоненту *ГРИБ*, изучите *прогнозную динамику барических образований на ближайшие полусутки*.

Оставьте видимыми на слайде *значки центров барических образований* и *давление на уровне моря* за текущий срок. Визуализируйте прогностические данные ММЦ «Москва» касательно *давления* (компонента *ГРИБ*, прогноз на 12 ч, уровень моря, форма представления — *изолинии*). Покажите направления *перемещения барических образований* с помощью компоненты *Линии* (рис. 5.64).

Воспользовавшись командой *Измерение расстояний* меню *География*, *рассчитайте скорость перемещения центров циклонов и антициклонов*, поделив расстояние на величину интервала между текущим и прогнозным сроками. Вычисленные скорости покажите на карте с помощью компоненты *Текст*.

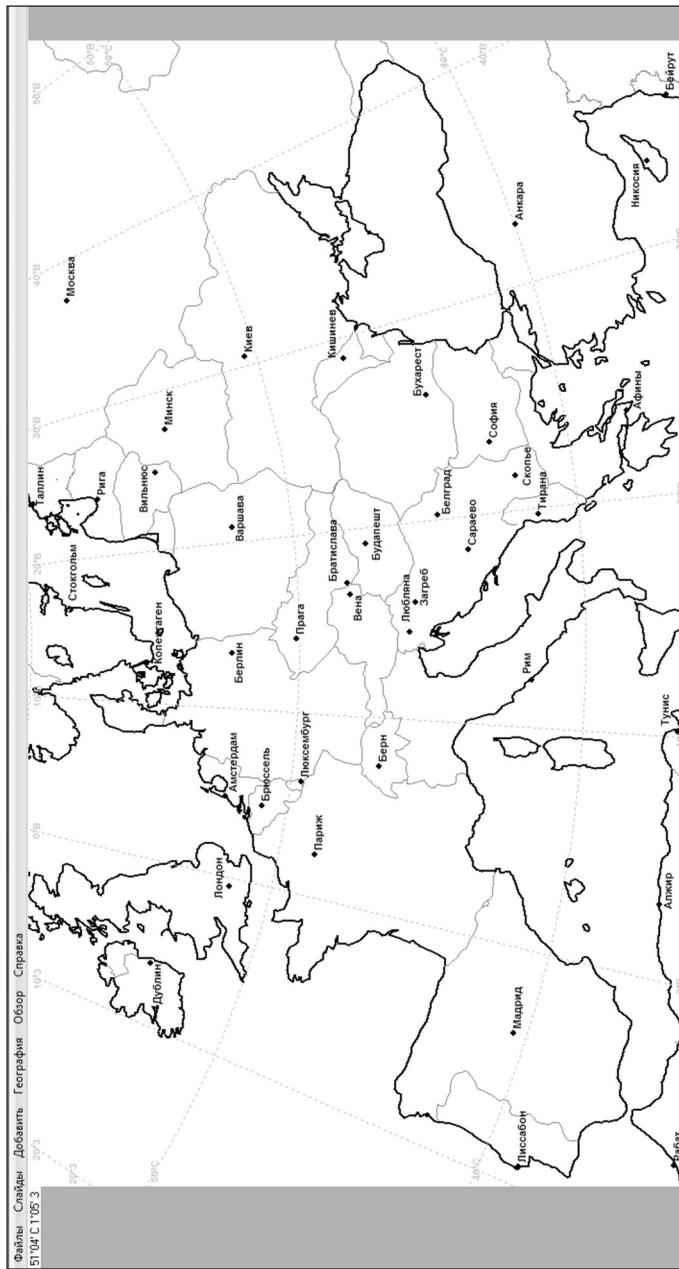


Рис. 5.62

Рис. 5.63

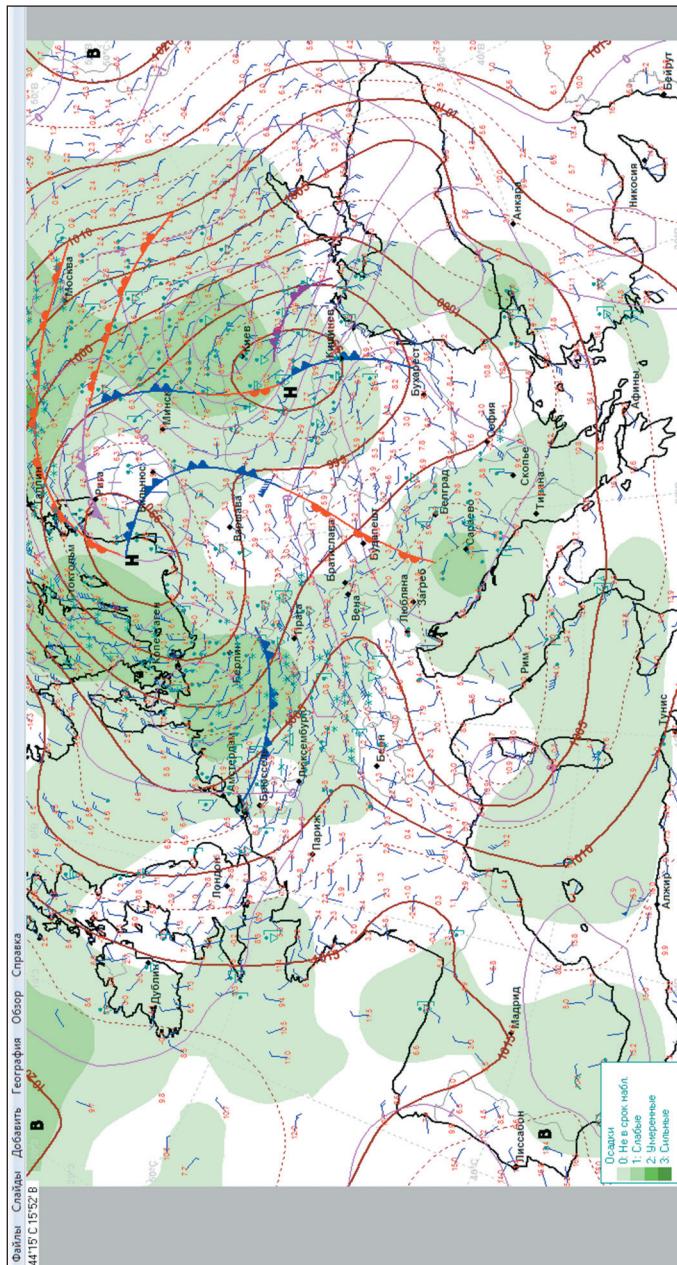
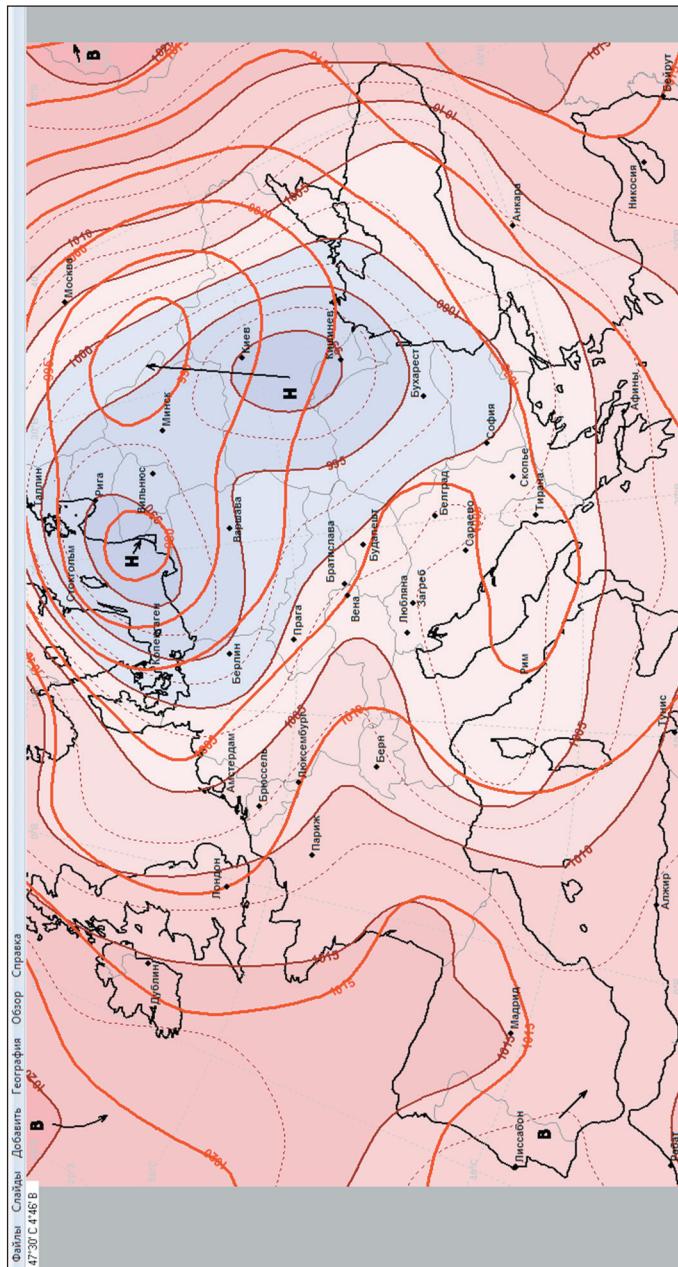


Рис. 5.64



Шаг 6. Изучите аэрологическую ситуацию на текущий срок. С помощью компоненты Аэрометрия создайте слайды *относительной барической топографии 500/1000* (рис. 5.65), *совмещенные карты центров приземных барических образований и геопотенциалов стандартных изобарических поверхностей 850 гПа и 700 гПа* (рис. 5.66), а также *геопотенциалов поверхностей 500 гПа и 300 гПа* (рис. 5.67).

По комплексу аэрологических карт определите вертикальную протяженность и особенности наклона вертикальной оси приземных барических образований на текущий срок наблюдений. На этом основании выявите стадию развития циклонов и антициклонов.

Шаг 7. Выявите эволюцию барических образований по прогностическим данным ММЦ «Москва» на ближайшие полусутки.

Используя компоненту ОТ ГРИБ, создайте *прогнозную карту относительной барической топографии 500/1000 на 12 ч* (рис. 5.68).

По полю давления на уровне моря (прогноз на 12 ч) выявите центры циклонов и антициклонов, визуализируйте их с помощью компоненты Значки. Подготовьте *совмещенные карты центров приземных барических образований и геопотенциалов стандартных изобарических поверхностей 850 гПа и 700 гПа*, а также *геопотенциалов поверхностей 500 гПа и 300 гПа*, построенных по прогностическим данным ММЦ «Москва» (прогноз на 12 ч) (рис. 5.69, 5.70).

Определите вертикальную протяженность и особенности наклона вертикальной оси приземных барических образований на прогнозный срок 12 ч. Выявите динамику развития циклонов и антициклонов по сравнению с текущим сроком.

Шаг 8. Проанализируйте *прогнозные поля основных синоптических параметров на ближайшие полусутки* с целью выявления по ним атмосферных фронтов.

С помощью компоненты ГРИБ создайте карты *ветра* (уровень — станции, формы представления — значки ветра, *ff/dd* (*ff* — скорость ветра в м/с; *dd* — направление в градусах) и цветное поле) (рис. 5.71), *температуры* (уровень — станции, формы представления — цветное поле и изолинии) (рис. 5.72) и *осадков* (за 6 ч, уровень — станции, формы представления — цветное поле и цифры) (рис. 5.73), на срок 12 ч по данным ММЦ «Москва». На этот же срок подготовьте карту *облачности* (формы представления — цветное поле и значения) с помощью компоненты *Метеопрогноз ГРИБ* (рис. 5.74).

Сделайте текстовое описание прогнозной синоптической ситуации. По полям основных синоптических параметров на ближайшие полусутки выявите линии атмосферных фронтов. Покажите их на слайде с помощью компоненты Линии.

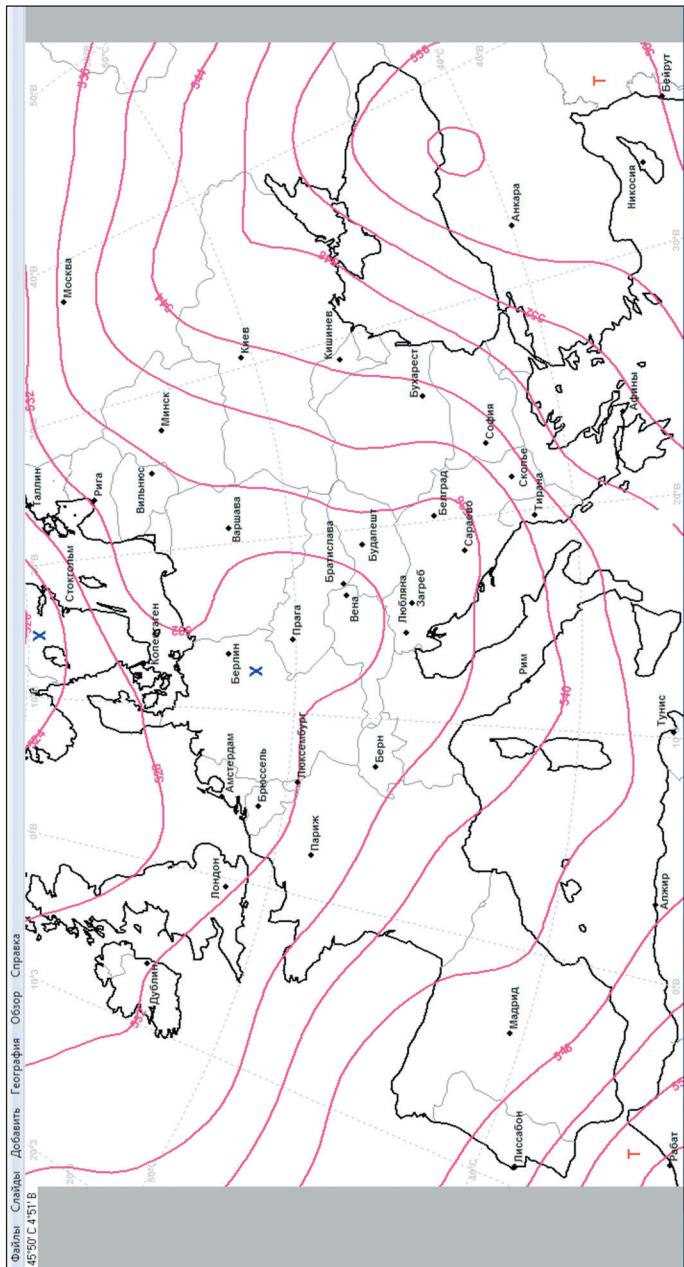
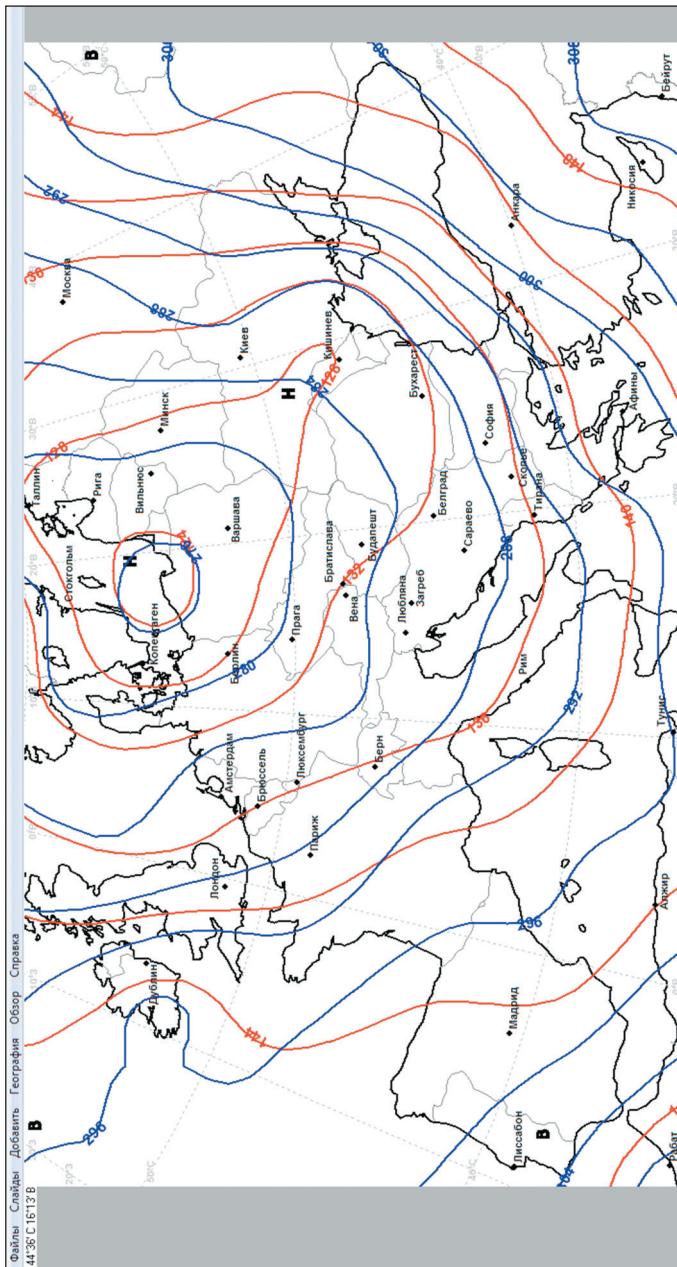
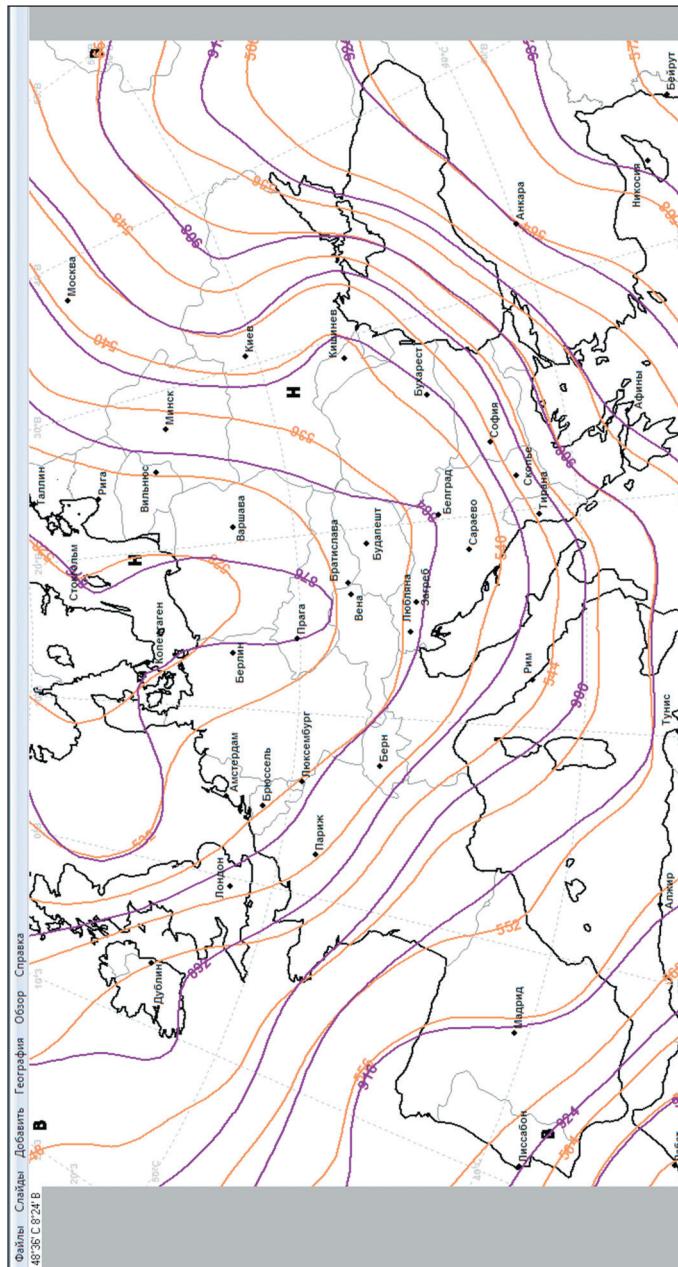


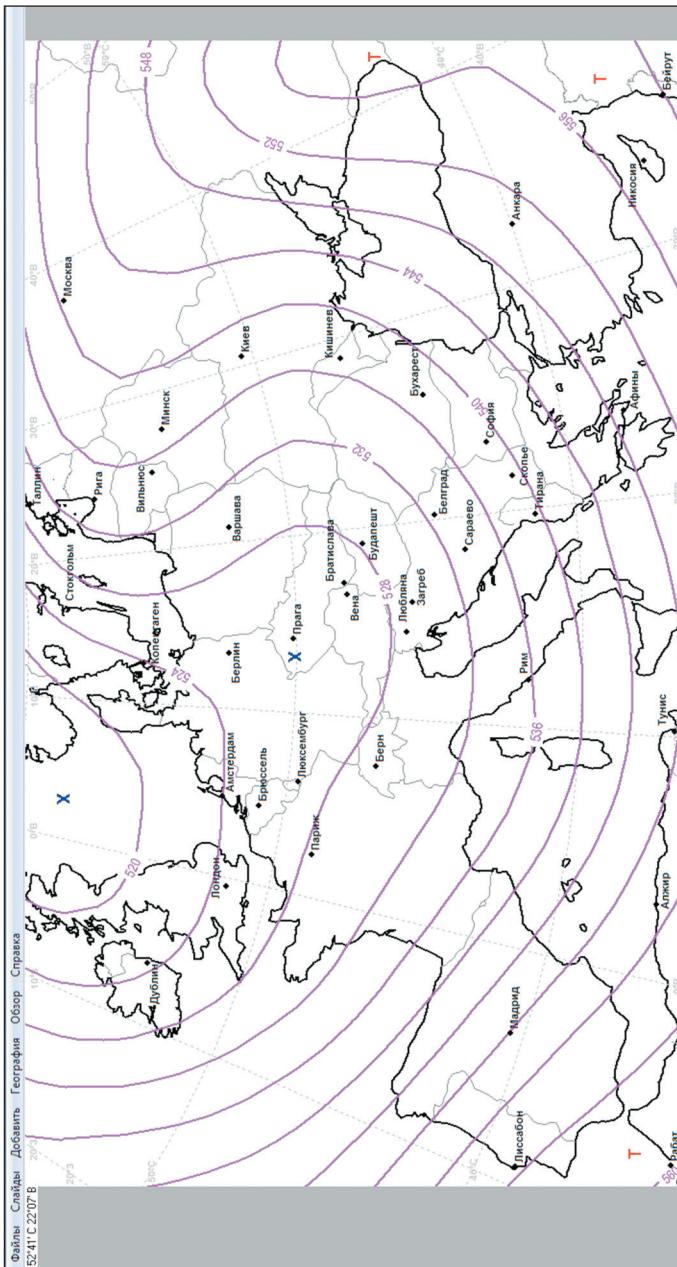
Рис. 5.65

Рис. 5.66



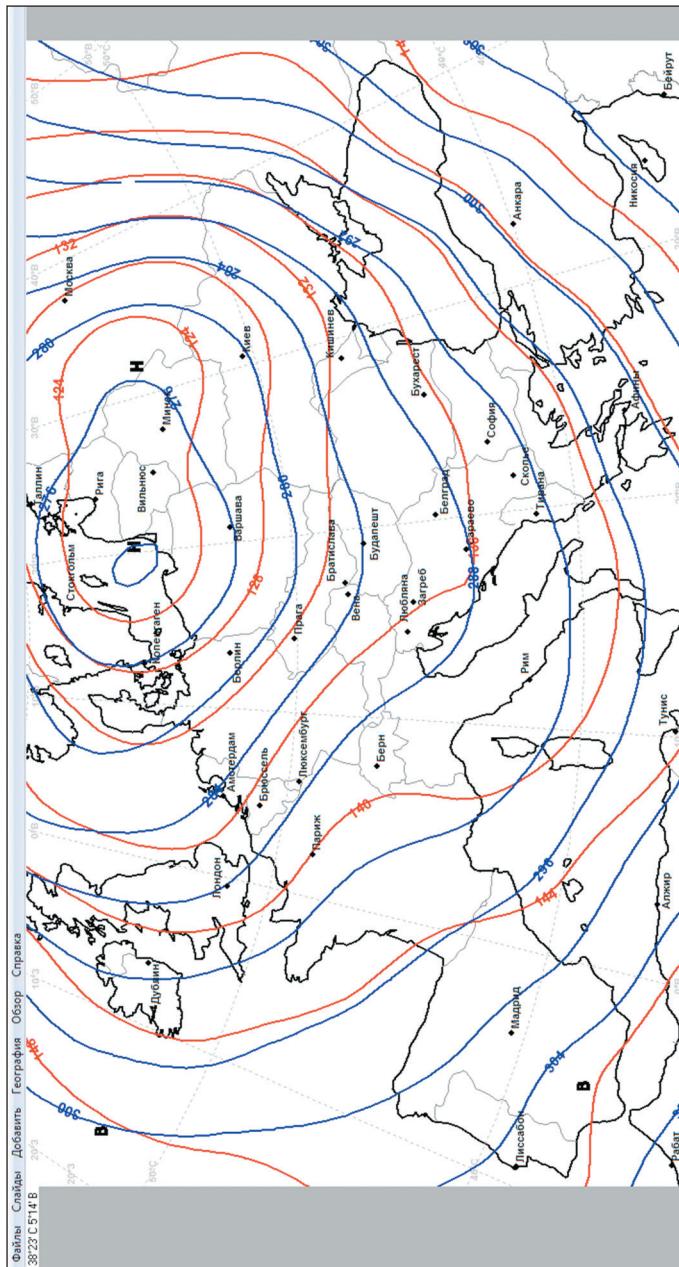


PUC. 5.67



Puc 568

Рис. 5.69



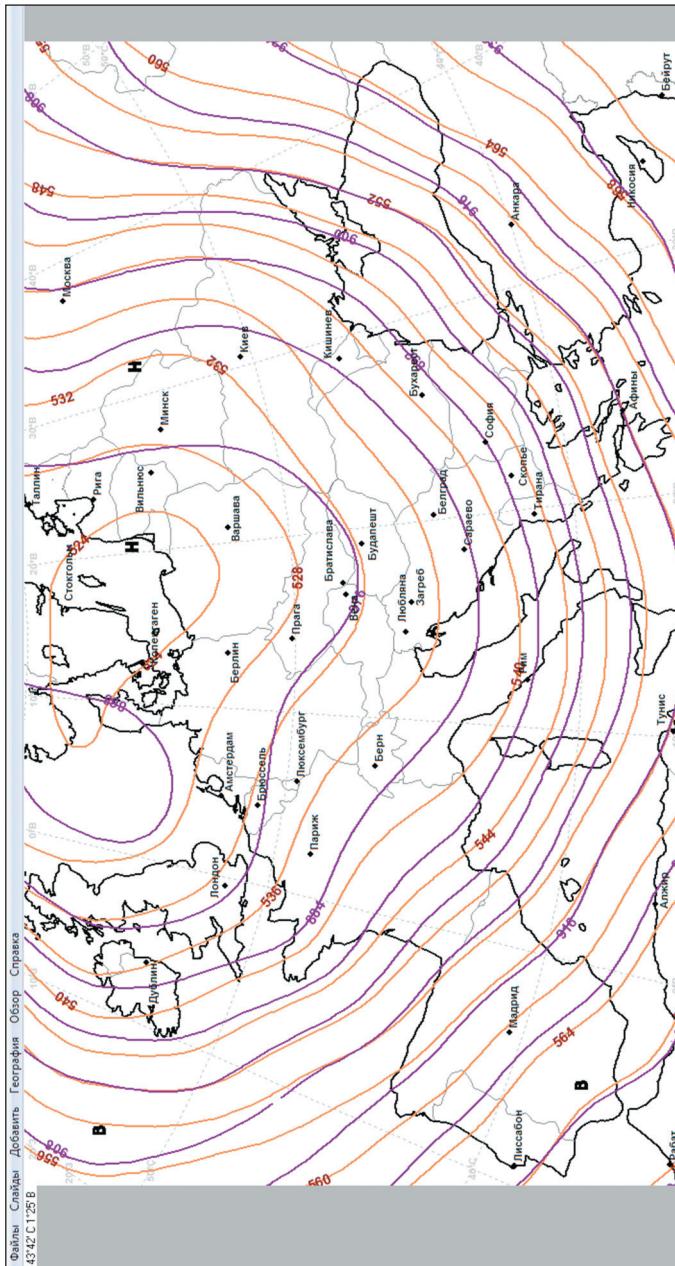


Рис. 5.70

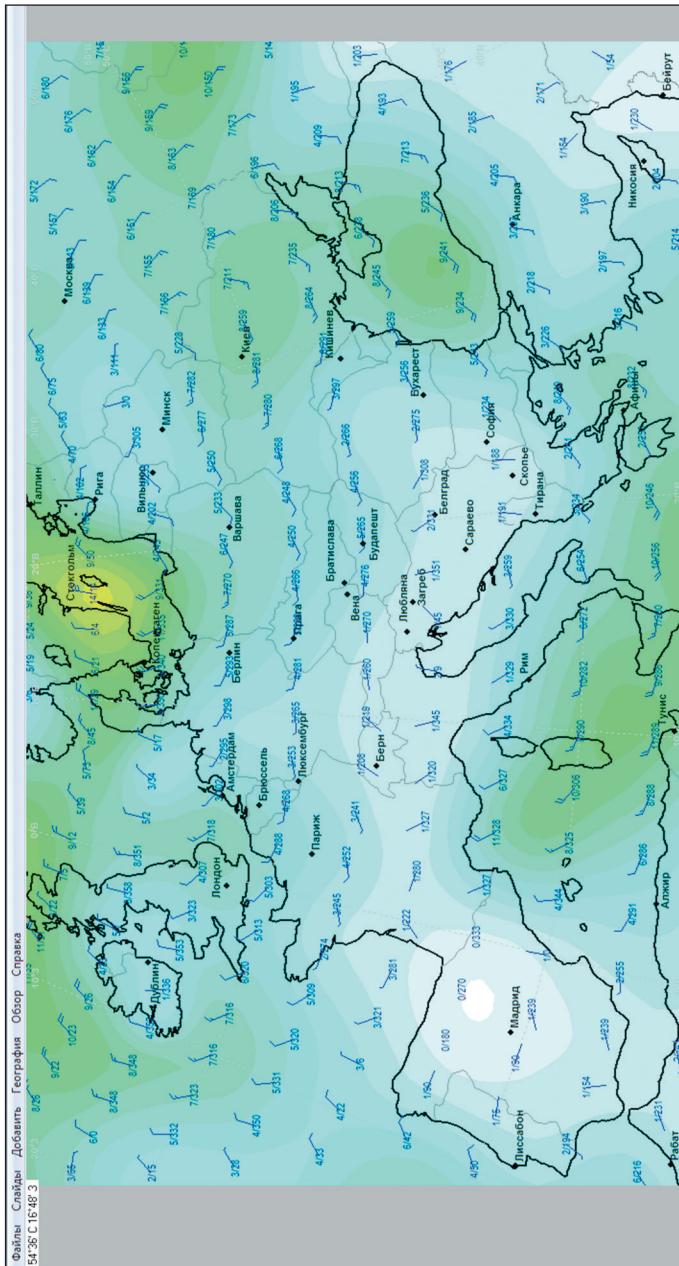


Рис. 5.71

Рис. 5.72

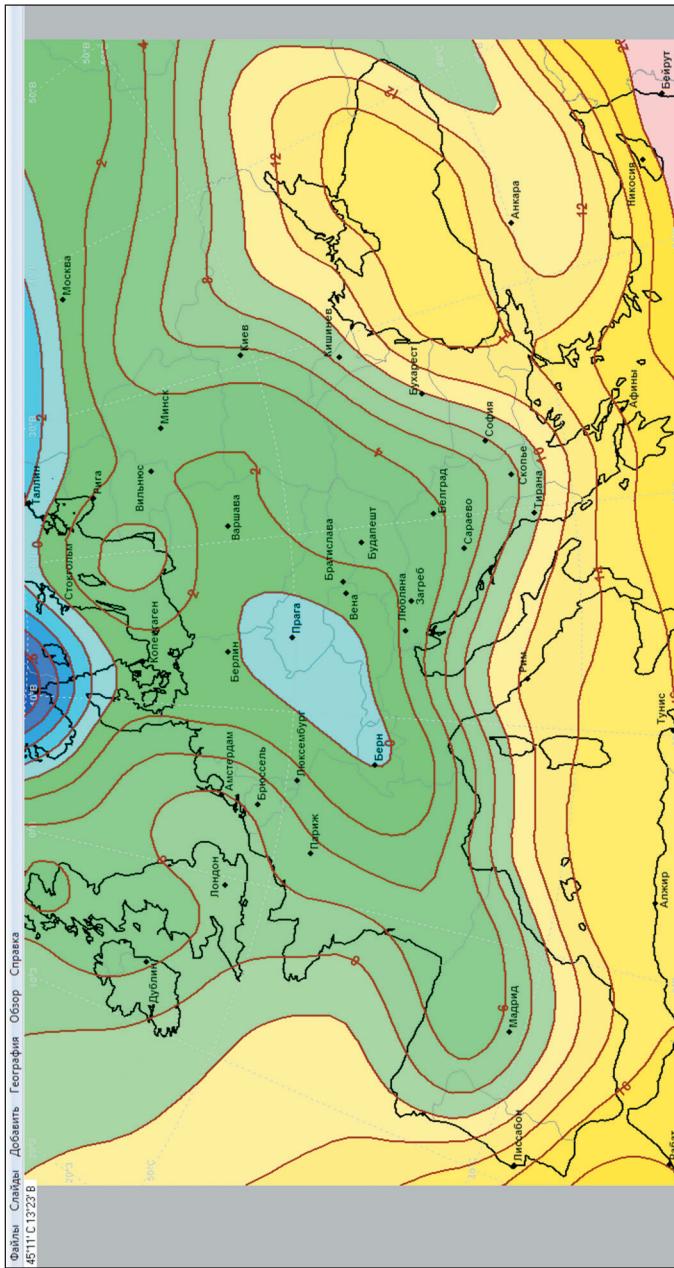
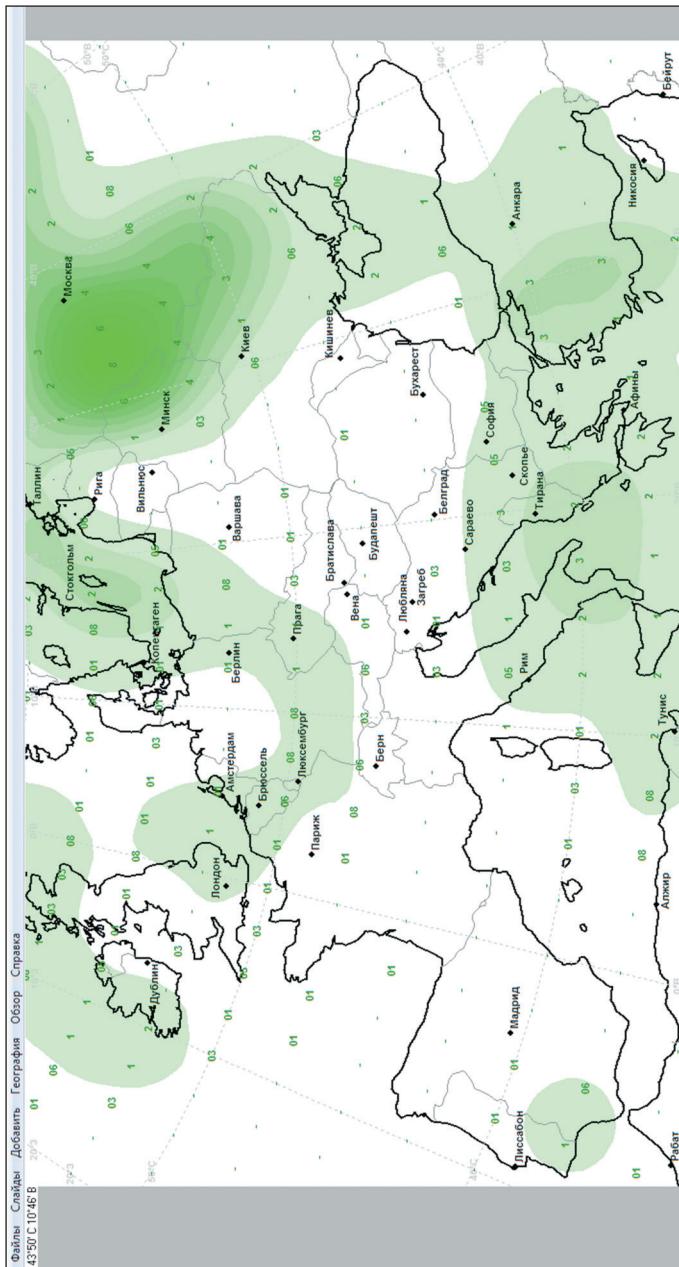
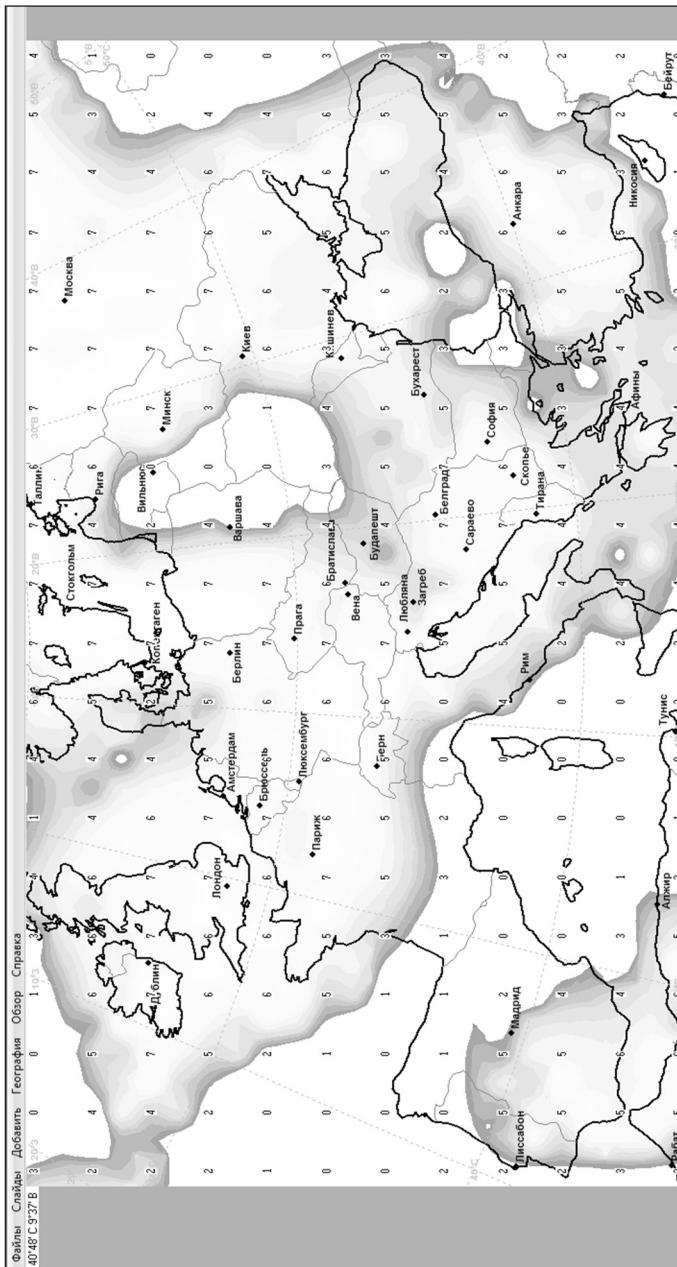


Рис. 5.73





Pycnogenol 74

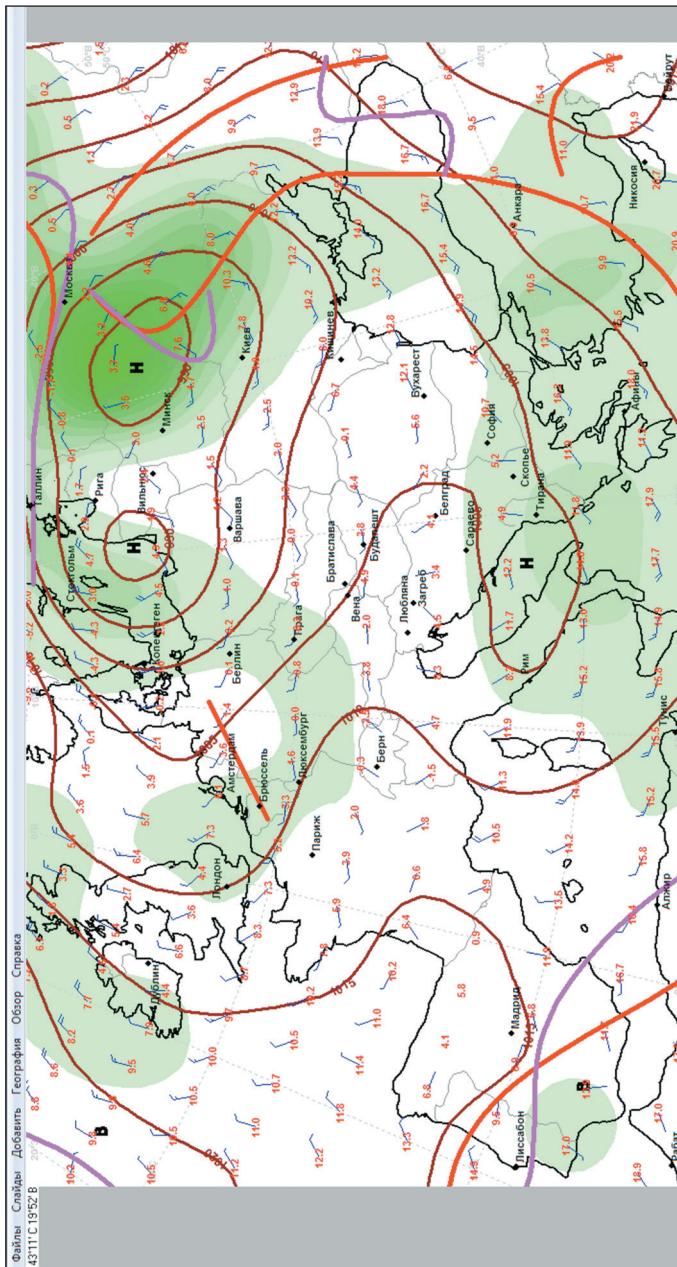
В качестве вспомогательных данных при проведении фронтов можно воспользоваться *информацией* о положении фронтальных зон, рассчитанных по некоторым консервативным характеристикам воздушных масс (потенциальной, псевдопотенциальной, эквипотенциальной температурам [8]) на основе информации о температуре и влажности, поступающих в коде ГРИБ. Для этого необходимо нанести на слайд параметры *Фронты (Ter)* и *Фронты (ZAMG)* компоненты *Метеопрогноз ГРИБ*, выбрав в качестве форм представления фронтальных зон линии различных цветов (рис. 5.75).

Шаг 9. ГИС «Метео» позволяет выполнить *расчет перемещения фронтов*, а также барических образований, основанный на выявленной закономерности их движения у поверхности Земли со скоростью и направлением потока в средних слоях тропосферы. Если необходим прогноз положения фронтов через 6 — 12 ч, используется компонента *Траектории*, учитывающая только аэрологические данные ближайшего срока наблюдений. Тогда полученное прогностическое положение фронтов будет соответствовать стационарному их перемещению без учета перестройки процесса. Использование компоненты *Траектории ГРИБ* позволяет построить прогностическое положение фронтов с учетом перестройки процессов, рассчитанной по выбранной модели.

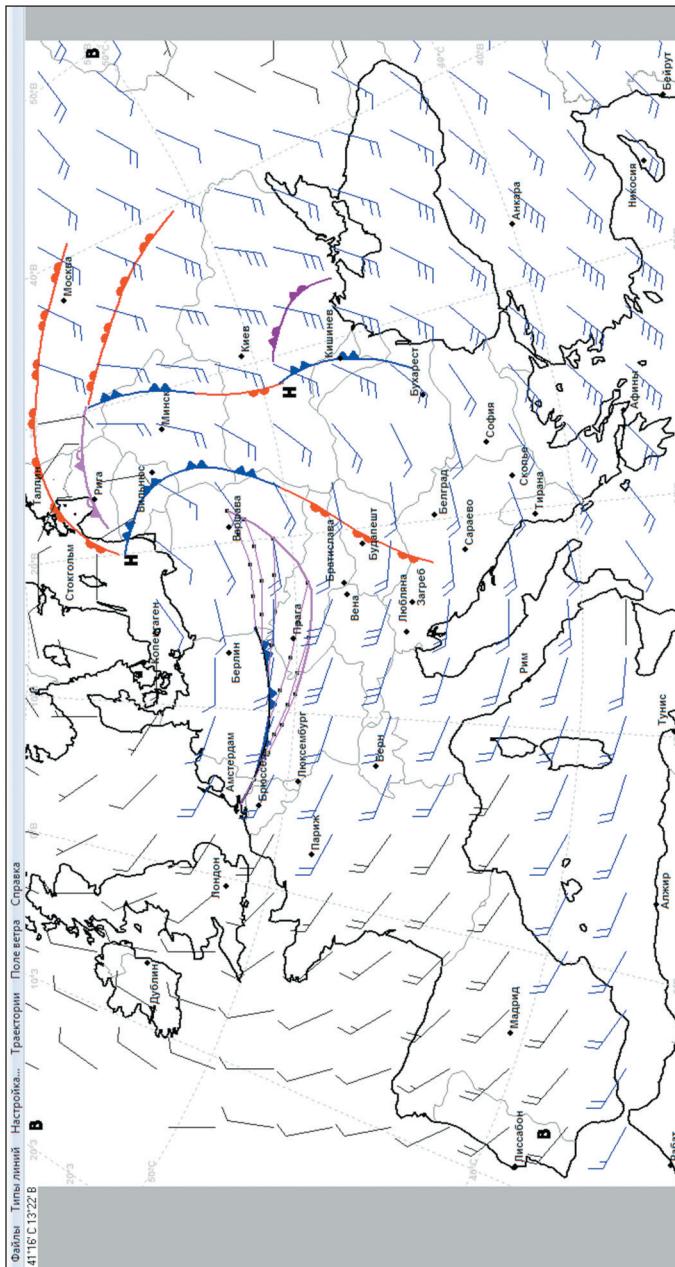
Для выполнения расчета перемещения атмосферных фронтов покажите на слайде их линии на текущий срок наблюдений. Отразите и центры барических образований. Выполните команду Добавить → *Траектории*. В диалоговом окне «Траекторная модель по аэрологическим данным» в качестве срока укажите текущий, уровня — 700 гПа. В меню действий *Поле ветра* отметьте «Видно» и выберите форму представления *знак ветра* (Типы линий → Ветер). Также выполните *настройку* компоненты (меню «Настройка»), указав в качестве срока расчета траекторий 12 ч.

Для построения траектории перемещения фронта в меню *Траектории* выберите *Линия*. Последовательно подводите курсор мыши к точкам, определяющим начальное положение (линии фронта на текущий срок), и нажимайте левую кнопку мыши. Каждая точка будет отмечаться на слайде. Когда будут отмечены все нужные точки, следует нажать правую кнопку мыши. Это приведет к соединению точек начальной линии, для каждой точки которой будет построена траектория. Все конечные точки траекторий будут последовательно соединены, образуя конечное положение линии (положение фронта через 12 ч) (рис. 5.76).

Осуществите расчет положения всех участков фронтов текущего срока наблюдений через ближайшие 12 ч. Сравните их с выделенными по прогнозным полям основных синоптических параметров.



Puc: 5:75



Puc. 5.76

Также следует отметить, что с помощью компонент *Траектории* и *Траектории ГРИБ* в ГИС «Метео» можно выполнять и расчет траекторий перемещения центров барических образований, выбирая в меню действий «Траектории» *Область*.

Контрольные вопросы и задания

1. Каким образом в ГИС «Метео» можно выполнить расчет прогнозной скорости перемещения центров барических образований?
2. Какие компоненты ГИС «Метео» используются для построения прогнозных аэрологических карт, а какие — синоптических?
3. По каким консервативным характеристикам воздушных масс рассчитываются положения фронтальных зон?
4. Какие компоненты ГИС «Метео» позволяют выполнить расчет перемещения фронтов и центров барических образований, основанный на выявленной закономерности их движения у поверхности Земли со скоростью и направлением потока в средних слоях тропосферы?

Задание 5.7. Создание режима работы ГИС «Метео» по расписанию.

Вывод данных в ГИС «Метео»

Цель задания: освоить алгоритмы составления образцов слайдов для генерации карт по расписанию, создания расписания и настройки режимов его работы, подготовки печати и экспорта карт в среде ГИС «Метео».

Ход выполнения задания:

Шаг 1. На компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео», выполните загрузку текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) в метеорологическую базу данных реального времени Meteo.cdb на 00 ч текущих суток.

Шаг 2. Откройте программу ГИС «Метео». Создайте новый бланк на основе существующих шаблонов программных архивов ГИС «Метео», отражающий территорию Беларуси и сопредельных стран. Выполните создание и оформление на слайде компонент *География* и *Города* (рис. 5.77).

Шаг 3. Создайте *образец слайда для генерации карт по расписанию* со следующим набором компонент:

- компонента *Синоптика с контролем*, параметр *давление* (форма представления — изолинии) за 00 ч (во вкладке *Авто* в качестве срока укажите: *Кратный 3*, отступ: *0 ч*);
- компонента *Приземная наноска* за 00 ч (во вкладке *Авто* определите срок: *Кратный 3*, отступ: *0 ч*);
- компонента *Синоптика с контролем*, параметр *барическая тенденция* (форма представления — изолинии) за 00 ч (во вкладке *Авто* в качестве срока укажите: *Кратный 3*, отступ: *0 ч*);

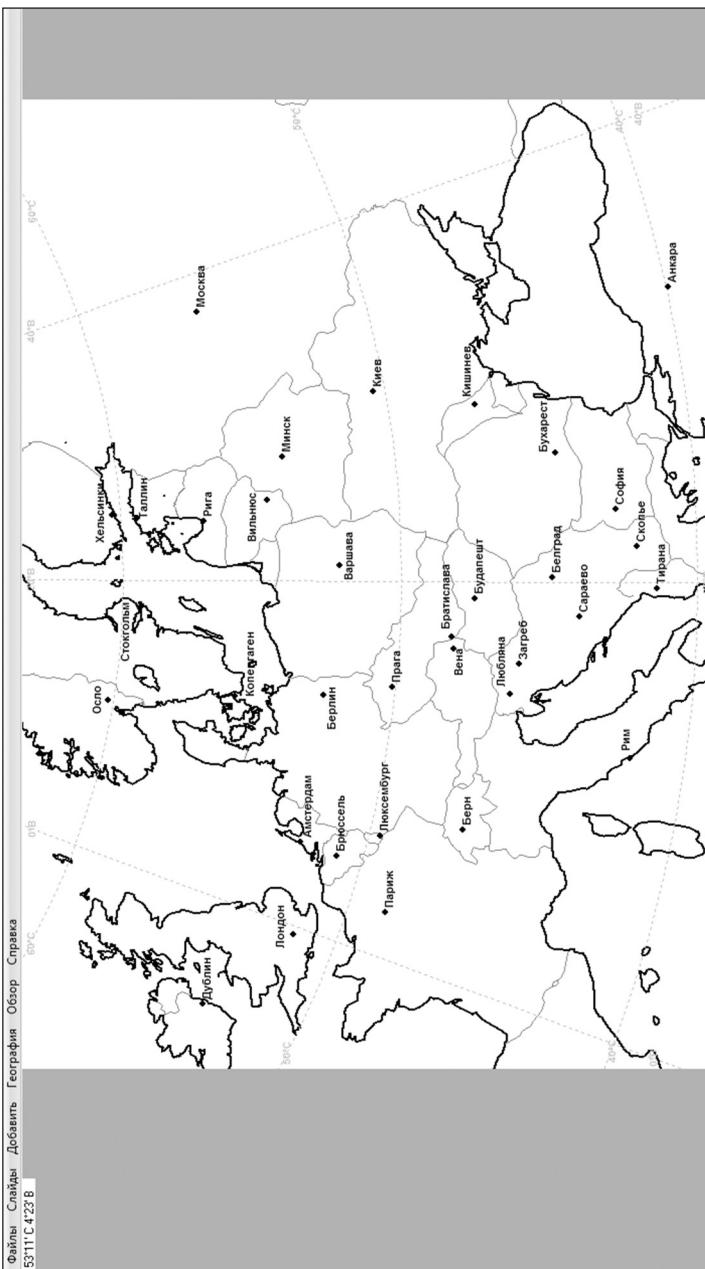


Рис. 5.77

- компонента **Погода**, параметр *осадки* (формы представления — цветное поле, знак и легенда) за 00 ч (во вкладке *Авто* определите срок: *Кратный 3*, отступ: *0 ч*);
- компонента **Значки** за 00 ч (в диалоге *Авто* в качестве срока укажите: *От начала 3-часового срока*, отступ: *0 ч*);
- компонента **Линии** за 00 ч (в диалоге *Авто* определите срок: *От начала 3-часового срока*, отступ: *0 ч*) (рис. 5.78).
- Сохраните образец под именем *Прогноз погоды* в личном архиве (Файлы → Сохранить образец).

Причина. Таким же образом создаются образцы слайдов для всех карт, необходимых для анализа и прогноза погоды. Единственное отличие состоит лишь в том, что для компонент с аэрологическими и прогностическими данными в диалоге (или вкладке) «Авто» в группе «Срок» устанавливается либо «Начало текущих суток» (для создания слайда один раз в сутки), либо «Кратный 12» (для создания слайда два раза в сутки) по исходным данным за 00 или 12 ч по международному скоординированному времени (МСВ) [8].

Шаг 4. Сформируйте *расписание работы ГИС «Метео*, позволяющее без участия пользователя в автоматическом режиме генерировать (через каждые 3 ч по мере поступления данных) синоптические карты погоды по созданному в шаге 3 образцу.

Откройте программу *Редактор расписания* (Пуск → Все программы → GIS Meteo → Workstation → Редактор расписания).

Для создания элемента расписания выполните команду *Вставить* из меню «Редактор». В диалоговом окне *Элемент расписания* выберите в части *Архив* сформированный в шаге 3 образец «Карта погоды» из личного архива.

В разделе *Имя нового слайда* укажите название *Прогноз погоды за*. Для того чтобы в названии создаваемого слайда указывались срок и дата (это особенно актуально при его архивации и идентификации в списке слайдов), необходимо выполнить вставки из элемента *Макро*. Укажите час, число (месяца), месяц и год, которые будут соответствовать дате генерации слайда.

В разделе *Начало* необходимо задать время начала создания слайда в часах и минутах (например, 00 ч 00 мин МСВ).

В разделе *Длительность* задайте интервал в часах и минутах (например, 12 ч), в течение которого возможно будет автоматическое создание слайда, если что-то препятствовало его созданию в точно назначенное время (в нашем случае 00 ч 00 мин МСВ) (рис. 5.79).

Выполните команду *OK*. Это приведет к появлению в диалоговом окне приложения *Редактор расписания* первой строки расписания.

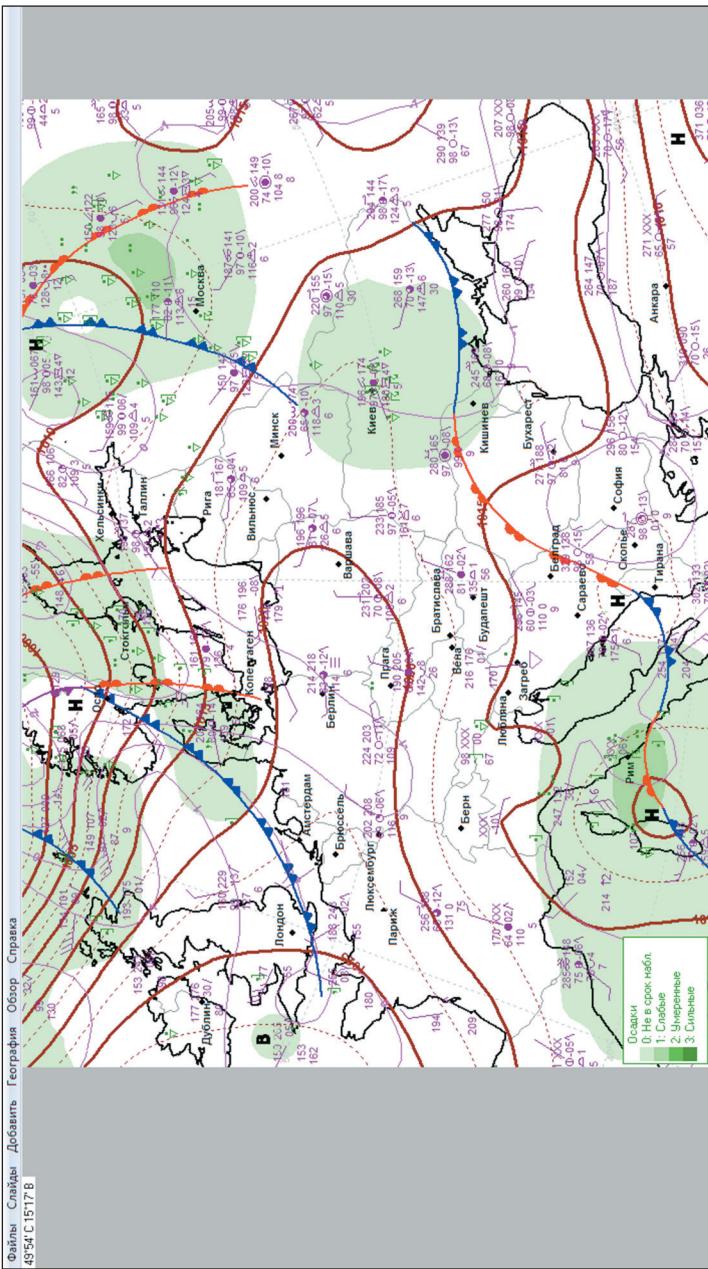


Рис. 5.78

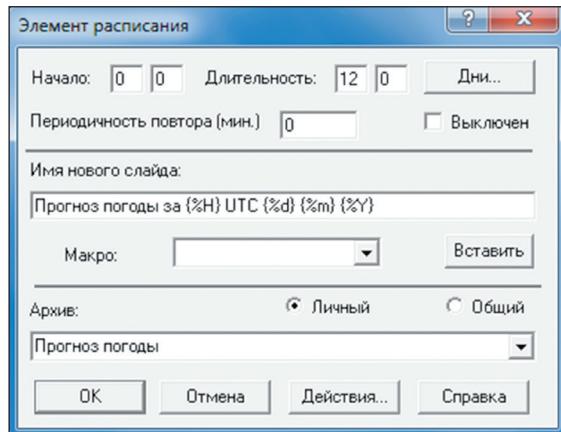


Рис. 5.79

Добавьте в расписание элементы для создания аналогичных карт за все синоптические сроки наблюдений (Редактор → Вставить). В диалоговом окне «Элемент расписания» изменяйте только время начала создания: 03 ч 00 мин, 06 ч 00 мин, 09 ч 00 мин и т. д. Восемь строк в окне приложения *Редактор расписания* с одним и тем же названием слайда, но с разным временем начала создания (рис. 5.80) позволят автоматически строить эти карты.

П р и м е ч а н и е. После завершения работы по добавлению в расписание элементов, создающих карты одного наименования (по одному и тому же образцу), можно перейти к включению элементов, создающих карты по другим образцам (например, аэрологических или прогнозических).

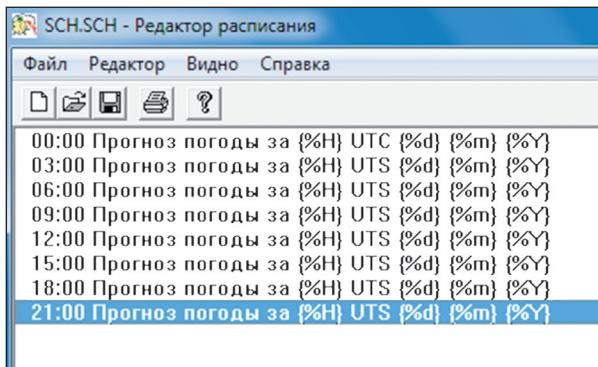


Рис. 5.80

Сохраните готовое расписание командой *Сохранить как...* меню *Файлы* в своей папке под именем *Прогноз погоды.sch*.

Шаг 5. Вернитесь в среду ГИС «Метео». *Настройте режим работы программы*. Для этого выполните команду *Расписание* из меню *Файлы*. В окне *Режим работы по расписанию* в разделе *Файл* укажите путь к созданному расписанию *Прогноз погоды.sch*. В разделе *Режим работы* обозначьте вариант *Работа только по расписанию с выходом в режим «на фоне»* для текущего режима и режима при старте (рис. 5.81).

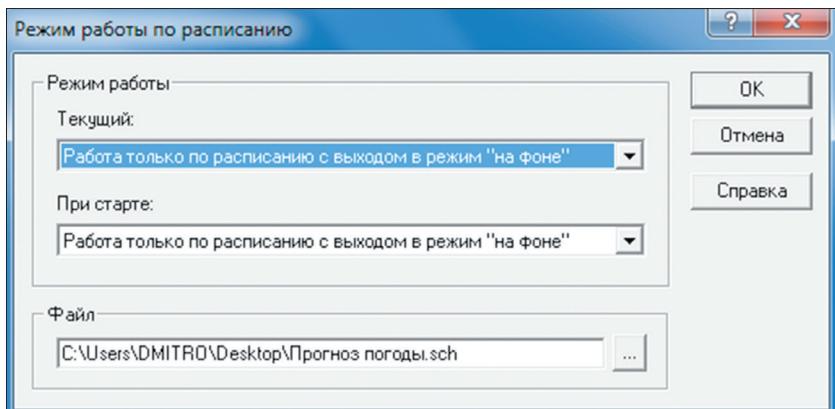


Рис. 5.81

После настройки расписания в главном меню программы останется только вариант *Закончить!* В этом режиме ГИС «Метео» будет работать самостоятельно. Слайды будут генерироваться автоматически, согласно созданному расписанию, после поступления в базы данных соответствующей информации.

Шаг 6. На компьютере, на котором установлена серверная часть ГИС «Метео», выполните загрузку текущей синоптической ситуации (в форматах буквенно-цифровых кодовых форм) в метеорологическую базу данных реального времени Meteo.cdb на 03, 06, 09, 12 ч текущих суток.

ГИС «Метео», работая только по расписанию с выходом в режим «на фоне», после поступления новой информации в базу данных автоматически генерирует карты погоды на срок 03, 06, 09, 12 ч текущих суток. Просмотреть созданные карты и оформить для них компоненты *Значки* и *Линии* возможно путем выполнения команды *Закончить!* После выполнения данной операции программа перейдет в режим *Работа по расписанию на фоне основной работы*. Переход для пользователя к автоматически созданным картам погоды возможен с помощью команды *Список* меню *Слайды*.

П р и м е ч а н и е. В предыдущих шагах практического задания рекомендован ручной вариант загрузки информации о текущей синоптической ситуации в метеорологическую базу данных реального времени. Это сделано умышленно — для формирования у студентов более глубокого понимания режимов работы ГИС «Метео».

В настоящее время *принцип работы синоптика в ГИС «Метео»* заключается в следующих действиях:

- единожды формируются образцы синоптических, аэрологических или прогностических карт, отражающих конкретную территорию анализа и прогноза погоды. Для каждого образца выполняется дизайн географической «подложки», подбирается набор компонент и особенностей их визуализации;
- в приложении «Редактор расписания» единожды определяются сроки создания аналитических и прогностических карт погоды по созданным образцам;
- синоптические (текущие и прогностические) и аэрологические данные, автоматически загружаемые в режиме реального времени в базы данных ГИС «Метео», обрабатываются геоинформационной средой. Согласно сформированному расписанию, без непосредственного участия синоптика формируются необходимые карты;
- на основе автоматически сгенерированных карт синоптик в ручном режиме выполняет их анализ (определяет центры барических образований, линий атмосферных фронтов и др.), готовит текстовые описания текущей и прогнозной синоптической ситуации.

Шаг 7. Подготовьте **вывод на печать** одного из слайдов ГИС «Метео», например карту *Прогноз погоды за 00 ч текущих суток*. Для этого найдите данный слайд в списке (Слайды → Список) и откройте его в окне программы. Выполните команду *Настройка принтера* из меню *Файлы*. В зависи-

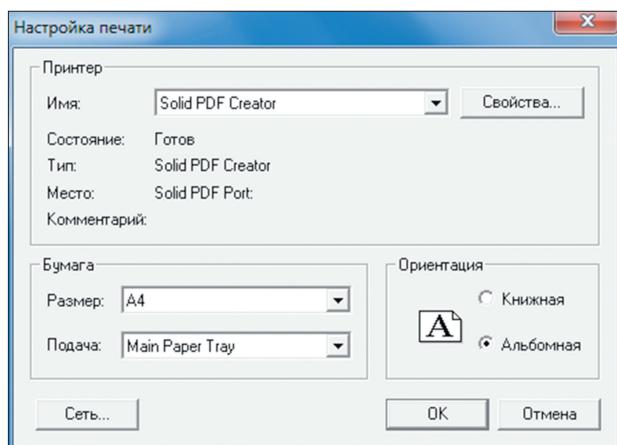


Рис. 5.82

мости от конфигурации слайда выберите размер и ориентацию бумаги. В качестве принтера обозначьте таковой, имеющий возможность печати в формат *.pdf (рис. 5.82).

Выберите вариант *Печать по макету* из меню *Файлы*. В появившемся окне *Печать по макету* выполните команду *Файл → Создать новый*. В ка-

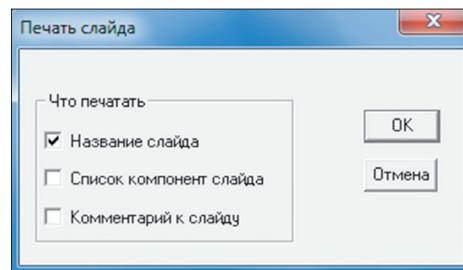


Рис. 5.83

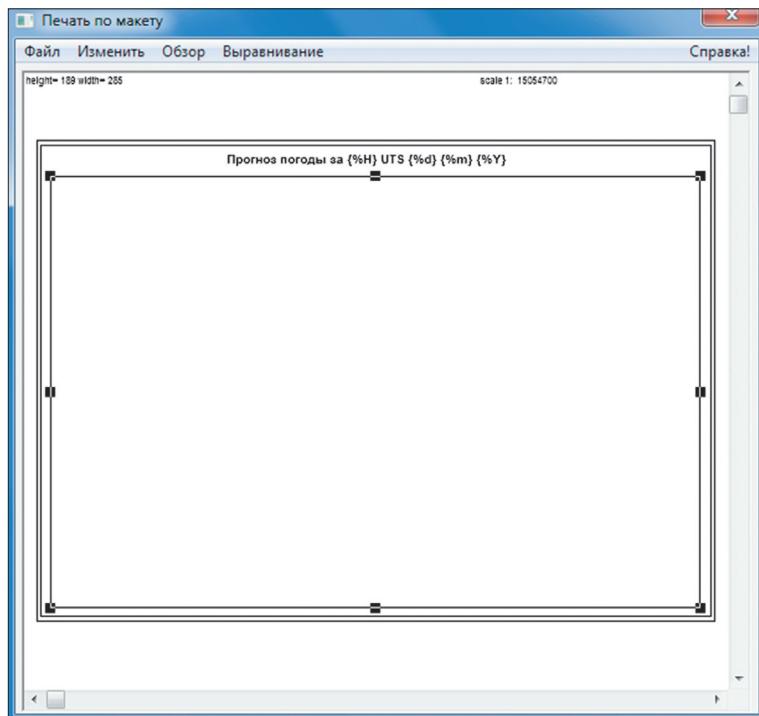


Рис. 5.84

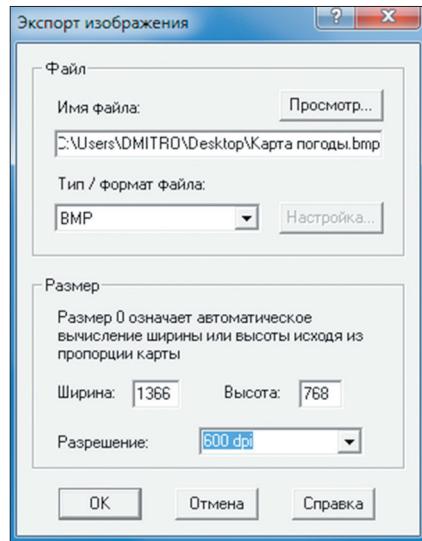


Рис. 5.85

честве элементов печати выберите *Название слайда* (рис. 5.83). Остальные параметры оставьте по умолчанию.

Путем выделения элементов макета (картографического изображения, названия) откорректируйте их расположение. Названия слайда представьте с помощью макрокоманд, предварительно выделив его и выполнив Изменить → Текст (рис. 5.84).

После подготовки макета выполните его печать (Файл → Печатать). Ознакомьтесь с результатом печати в pdf-формате. Макет сохраните (Файл → Сохранить).

Шаг 8. Экспортируйте слайд ГИС «Метео» (*Прогноз погоды за 00 ч текущих суток*) в растровый формат. Для этого выполните команду Экспорт из меню Файлы.

В появившемся окне диалога *Экспорт изображения* в качестве формата файла выберите *.bmp, разрешение — 600 dpi (рис. 5.85).

После определения параметров экспорта выполните OK. Ознакомьтесь с результатом печати в bmp-формате.

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите алгоритм генерации в ГИС «Метео» карт по расписанию.
2. Какие режимы работы поддерживаются программной средой «Метео»?
3. В чем заключается вывод данных в ГИС «Метео»?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Абламейко С. В., Апарин Г. П., Крючков А. Н. Географические информационные системы. Создание цифровых карт. Минск, 2000.
2. Акулиничева А. А., Беркович Л. В., Соломахов А. Ю. ГИС «Метео» и состояние ее использования в метеослужбах России и стран ближнего зарубежья // Метеорология и гидрология. 2001. № 11. С. 90—99.
3. Акулиничева А. А., Соломахов А. Ю., Шмелькин Ю. Л. Практическое использование геоинформационной системы «Метео» и направления ее развития // Тр. ГМНИЦ РФ. 2000. № 334. С. 163—179.
4. Атмосферные фронты и фронтальные системы [Электронный ресурс] / Морская метеорология. Режим доступа : http://www.amariner.net/article15_fronts_ru.html (дата обращения : 01.05.2012).
5. Белов П. Н. Численные методы прогноза. Л., 1989.
6. Блохина В. И. Авиационные прогнозы погоды : учеб. пособие. Владивосток, 2001.
7. Варфоломеев И. В., Ермакова И. Г., Савельев А. С. Алгоритмы и структуры данных геоинформационных систем. Красноярск, 2003.
8. Волынцева О. И., Смирнова А. А. Анализ и прогноз погоды с помощью ГИС «Метео» : учеб. пособие. Обнинск, 2007.
9. Геоинформатика : учеб. для вузов / под ред. В. С. Тикунова. М., 2010.
10. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю. Б. Баранов [и др.]. М., 1999.
11. Гурьянова Л. В. Аппаратно-программные средства ГИС. Минск, 2004.
12. Гурьянова Л. В. Введение в географические информационные системы. Минск, 2009.
13. Дашко Н. А. Курс лекций по синоптической метеорологии. Владивосток, 2005.
14. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы. Основы : пер. с англ. М., 1999.
15. Космический снимок циклональной активности [Электронный ресурс] / Как спастись в ураган? Режим доступа : <http://dead-day.com/kak-vyzhit/199-kak-spastis-v-uragan.html> (дата обращения : 01.05.2012).
16. Маккой Дж. ArcGIS 9. Spatial Analyst. Руководство пользователя : пер. с англ. М., 2004.

17. *Маккой Дж.* ArcGIS 9. Геообработка в ArcGIS : пер. с англ. М., 2004.
18. *Миами М.* ArcMap. Руководство пользователя : в 2 ч. : пер. с англ. М., 2001. 2 ч.
19. Основные формы барического рельефа [Электронный ресурс] / Климат и погода. Режим доступа : <http://www.wherry.ru/701-klimat-i-pogoda.php> (дата обращения : 01.05.2012).
20. *Позднякова В. А.* Практическая авиационная метеорология : учеб. пособие. Екатеринбург, 2010.
21. Программный комплекс ГИС «Метео» [Электронный ресурс] / НПЦ «Мэп Мейкер». Режим доступа : <http://mapmakers.ru/main/products/gis.aspx> (дата обращения : 01.04.2012).
22. *Самардак А. С.* Геоинформационные системы : электрон. учеб. Владивосток, 2005.
23. *Табальчук Т. Г., Лопух П. С.* Моделирование прохождения циклонов через территорию Беларуси // ГИС-технологии в науках о Земле. Минск, 2012. С. 23–28.
24. ТКП 17.10-06-2008 (02120) Правила составления краткосрочных прогнозов погоды общего назначения. Минск, 2008.
25. Фронты [Электронный ресурс] / Интерактивный учебник по метеорологии. Режим доступа : <http://www.dvgu.ru/meteo/book/default.htm> (дата обращения : 01.06.2012).
26. Цветовые модели [Электронный ресурс] / Иллюстрированный самоучитель по Adobe Photoshop CS 8. Режим доступа : http://www.vpsz.h14.ru/ucheb/Book_AdobePhotoshopCS8/Glava2/Index7.html (дата обращения : 01.05.2012).
27. *Шипулин В. Д.* Основные принципы геоинформационных систем: учеб. пособие. Харьков, 2010.
28. ArcGIS Help 10.1 [Электронный ресурс] / ArcGIS Resources. Режим доступа : http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/#/Welcome_to_the_ArcGIS_Professional_Help_Library/00qn0000001p000000/ (дата обращения : 01.04.2012).
29. 3D Analyst. Руководство пользователя : пер. с англ. М., 2002.
30. WRF Portal [Электронный ресурс] / WRF. Режим доступа : <http://www.wrfportal.org/> (дата обращения : 01.03.2012).

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	4
1. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПО АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОГОДЫ.....	5
1.1. Определение, компоненты, основные функциональные возможности, классификации географических информационных систем. Источники данных для географических информационных систем	5
1.2. Становление и развитие геоинформационных методов анализа и прогнозирования погоды	11
1.3. Рынок программного геоинформационного обеспечения для анализа и прогнозирования погоды	14
Вопросы и задания	16
2. ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГИС	16
2.1. Пространственные данные в геоинформационных системах.....	16
2.2. Растворная модель	18
2.3. Векторная модель.....	25
2.4. GRID-модель	31
2.5. TIN-модель	34
Вопросы и задания	39
3. МЕТОДЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ	40
3.1. Методы векторного геоинформационного анализа	40
3.2. Методы растрового геоинформационного анализа	56
3.3. Трехмерное геоинформационное моделирование. Численное прогнозирование погоды	69
Вопросы и задания	76

4. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ГИС „МЕТЕО“» КАК ПРИМЕР РАЗВИТОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПО АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОГОДЫ	76
4.1. Основные функциональные возможности и интерфейс ГИС «Метео»....	76
4.2. Объекты ГИС «Метео»	81
4.2.1. Слайды.....	81
4.2.2. Компоненты и основные действия с ними, настройка параметров компонент	83
4.2.3. Обзор компонент ГИС «Метео»	85
4.3. Базы данных ГИС «Метео».....	98
4.4. Режимы работы ГИС «Метео». Вывод данных	100
Вопросы и задания	103
5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО АНАЛИЗУ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОГОДЫ В СРЕДЕ ГИС «МЕТЕО».....	103
Задание 5.1. Создание слайда, работа с географической компонентой и компонентой «Города» в среде ГИС «Метео».....	104
Контрольные вопросы и задания.....	110
Задание 5.2. Оперирование обычными информационными компонентами ГИС «Метео»: «Приземная наноска», «Синоптика», «Погода».....	110
Контрольные вопросы и задания.....	118
Задание 5.3. Изучение основных принципов работы с обычными информационными компонентами ГИС «Метео»: «Аэрологическая наноска» и «Аэрометрия»	118
Контрольные вопросы и задания.....	136
Задание 5.4. Оперирование обычными расчетными компонентами ГИС «Метео»: ГРИБ, «Метеопрогноз ГРИБ», «Турбулентность», «Обледенение», «Разрезы», «Струйные течения».....	136
Контрольные вопросы и задания.....	152
Задание 5.5. Приемы анализа и прогноза погоды в ГИС «Метео»: первичный анализ погоды, проведение линий фронтов	152
Контрольные вопросы и задания.....	160
Задание 5.6. Приемы анализа и прогноза погоды в ГИС «Метео»: работа с прогностическими данными.....	161
Контрольные вопросы и задания.....	179
Задание 5.7. Создание режима работы ГИС «Метео» по расписанию. Вывод данных в ГИС «Метео»	179
Контрольные вопросы и задания.....	187
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ.....	188

Учебное издание

Курлович Дмитрий Мирославович

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
МЕТОДЫ АНАЛИЗА
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДЫ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *E. B. Павлова*

Художник обложки *T. Ю. Таран*

Технический редактор *T. K. Раманович*

Компьютерная верстка *C. H. Егоровой*

Корректор *O. C. Сафонова*

Подписано в печать 21.11.2013. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,16.

Уч.-изд. л. 12,16. Тираж 100 экз. Заказ 756.

Белорусский государственный университет.

ЛИ № 02330/0494425 от 08.04.2009.

Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Республиканская унитарная организация

«Издательский центр Белорусского государственного университета».

ЛП № 02330/0494178 от 03.04.2009.

Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.