

УДК 550.380+550.383

КАЧЕСТВО ПРОГНОЗА ВЕКОВОГО ХОДА ГЛАВНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СОЗДАНИЕ СВОДНЫХ КАРТ АНОМАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ РОССИИ

© 2010 И.М. Демина, А.А. Петрова

*Санкт-Петербургский филиал Учреждения РАН Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Пушкова, Санкт-Петербург, 191023;
e-mail: dim@izmiran.spb.ru*

Проведено исследование качества прогноза векового хода главного магнитного поля Земли, вычисленного по общепринятой международной модели нормального поля. Показано, что для территории России ошибка прогноза сильно структурирована, ее максимальный градиент приходится на территорию Сибири и Дальнего Востока. Ошибка прогноза с 2000 на 2005 гг. достигала величины -300 нТл. Получены оценки невязок, которые могут возникать при построении сводных карт аномального магнитного поля только за счет использования в качестве нормального поля прогноза векового хода или тренда. Проведено сравнение прогноза векового хода главного поля на период до 2010 г. и его реальных изменений, зафиксированных в магнитных обсерваториях. Показано, что прогноз на 5 лет не отражает существующих изменений в тенденциях векового хода. Основным выводом состоит в необходимости создания и поддержания региональной модели главного магнитного поля на основе сети опорных магнитных обсерваторий и пунктов векового хода. Наиболее перспективным представляется подход, в котором сочетается применение данных глобальных спутниковых съемок и сети стационарных обсерваторий.

Ключевые слова: вариации, прогноз, аномальное магнитное поле, сеть пунктов векового хода.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование структуры векового хода главного магнитного поля Земли (ГМПЗ) представляет собой важнейшую фундаментальную задачу. В то же время не следует приуменьшать значимость корректного представления пространственно-временной структуры главного поля и особенно прогноза его изменений для прикладных задач магниторазведки. Это связано с тем, что в этом случае конечная цель измерений геомагнитного поля состоит в картировании и интерпретации его аномальной части. Вопрос же о том, что считать аномальной частью и как ее выделять из измеренных значений, решается как правило, исследователем в ходе камеральной обработки и в соответствии с конкретной поставленной задачей. Отсутствие единообразия при обработке магнитных данных приводит в дальнейшем к затруднительности сведения в единую карту результатов, полученных для отдельных территорий и в разное время. Наиболее

просто можно было бы принять уровень ГМПЗ за ту «норму», относительно которой следует определять аномальное поле. Единственной общепринятой международной моделью, которая на практике могла бы обеспечить единообразие выделения аномального поля, является International Geomagnetic Reference Field (IGRF) модель. В рамках этой модели пространственная структура компонент ГМПЗ представляется в виде ряда по сферическим функциям, коэффициенты которого рассчитываются каждые 5 лет и принимаются Международной Ассоциацией по Геомагнетизму и Аэрономии (IAGA). Последняя модель, принятая в 2006 г. на симпозиуме IAGA, позволяет рассчитывать ГМПЗ с 1900 по 2010 гг. в любой точке. Но после 2005 г. для расчетов может быть использован только прогноз векового хода, который реально осуществляется на 6-7 лет, поскольку окончательное принятие новых коэффициентов происходит со значительной временной задержкой. В то же время реальные съемки проводятся в жестко ограни-

ченные сроки и исполнители не могут ждать появления новой модели. Оценить же качество прогноза векового хода моделью IGRF (в отсутствие специальных систематических измерений) можно только апостериорно после принятия новых коэффициентов. Проблема выделения аномального поля неожиданно обострилась в связи с использованием получивших широкое распространение в последнее десятилетие программных комплексов обработки геофизической информации. Встроенные в эти комплексы программы и коэффициенты IGRF модели требуется регулярно обновлять, что, как правило, невозможно сделать без участия разработчиков. Поэтому зачастую пользователи придумывают различные хитрости, чтобы продлить возможности прогноза векового хода на более длинный период (Мавричев, Петрова, 2001). Тем последствиям, к которым приводит использование такого прогноза, и посвящена данная работа.

СРАВНЕНИЕ НОРМАЛЬНОГО ПОЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗА ВЕКОВОГО ХОДА И ВЫЧИСЛЕННОГО ПО БОЛЕЕ ПОЗДНИМ 5-ЛЕТНИМ КОЭФФИЦИЕНТАМ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Рассмотрим обычную рабочую ситуацию для двух периодов: 1995–2000 и 2000–2005 гг. При обработке магнитных измерений, выполненных в течение каждого из этих интервалов времени, получение аномального магнитного поля было возможно только за счет использования прогноза векового хода, задаваемого соответствующими коэффициентами IGRF. В настоящее время уже известен реальный вековой ход, что позволяет оценить ошибки, которые могли быть внесены в результаты магнитных съемок из-за некорректности прогноза.

Предположим, что измерения и последующая обработка выполнялись в июне 2000 г. и в июне 2005 г. Можно вычислить значения компонент и модуля вектора ГМПЗ для территории России на основе единственно доступного на тот момент прогноза 1995–2000, 2000–2005 гг. и по принятым позднее моделям IGRF2000, IGRF2005. Получаемая ошибка прогноза для модуля вектора T_n показана на рис. 1. Качество представления моделью IGRF пространственной структуры ГМПЗ для территории России в рамках данной работы не затрагивается, так как он подробно рассмотрен в работе А.В. Ладынина с соавторами (2006а). Анализ представленных на рис. 1 результатов показывает, что ошибка прогноза структурирована. Для европейской части России градиент ошибки существенно меньше, и для периода 2000–2005 гг.

ошибка близка к константе, но составляет при этом $-120 \div -140$ нТл. Что касается Сибири и Дальнего Востока, то здесь ошибка изменяется от -300 до 0 нТл. По сути, величина этой ошибки характеризует ту невязку, которая была бы получена при сведении в одну карту данных аномального магнитного поля, полученных по результатам измерений, выполненных в одно и то же время, но вычисленных при использовании коэффициентов IGRF прогноза и модели на новую эпоху. Причем сама модель регулярно претерпевает изменения, а ее коэффициенты уточняются. Так, в 2006 г. в модель не только были добавлены новые коэффициенты для 2005 г. и прогноз на 2010 г., но и была изменена модель для 2000 г., порядок аппроксимирующего ряда повышен до 13-го, а число коэффициентов возросло до 195. Другими словами в случае проведения измерений в период с 1995 г. по 2000 г. нормальное поле пришлось бы вновь пересчитывать, причем для ряда регионов не удалось бы избежать скачка в 2000 г., поскольку между эпохами коэффициенты линейно интерполируются, а длины рядов для 1995 и 2000 гг. различны. Этот эффект будет приведен далее при сравнении с данными обсерваторий.

Можно оценить, к каким ошибкам в уровне аномального поля могло привести использование прогноза ГМПЗ в качестве нормального поля в ходе реальных магнитных съемок. На рис. 1в приведена схема некоторых опорных профилей высокоточных съемок, выполненных в разные годы в ФГУ НПП «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург (Мавричев и др., 2002б, 2006, 2008; Петрова и др. 2001), для которых проводился сравнительный анализ. Наиболее показательные результаты получены для регионов Берингова моря и севера Западной Сибири.

СЕВЕР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Рассмотрим возможные ошибки, возникающие при обработке результатов магнитных измерений при определении уровня аномального поля, на примере двух пересекающихся профилей, выполненных на севере Западной Сибири в июне 2005 г. Местоположение профилей показано на рис. 1в. Поскольку новые IGRF коэффициенты появятся только в 2006 г., для определения уровня аномального поля мог быть использован только прогноз с 2000 г. на 2005 г. В настоящее время уточненная модель уже доступна, и мы можем определить ошибку, которая была внесена в уровень аномального поля при его определении в 2005 г. На рис. 2 представлены измеренные значения модуля полного вектора T . Видно, что уровень нормального поля изменился по модулю больше чем на 160 нТл, причем это изменение

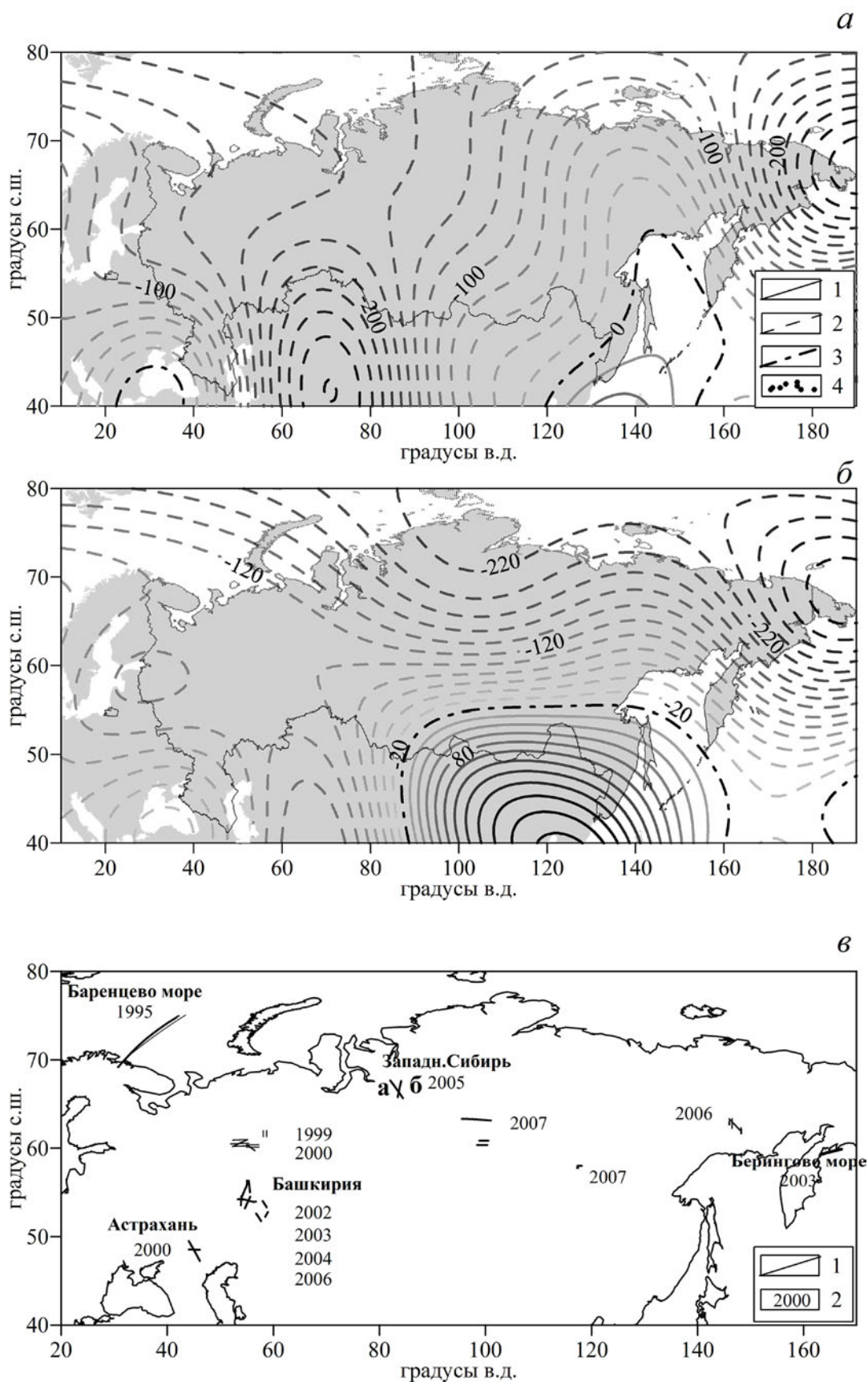


Рис. 1. Ошибка прогноза векового хода ГМПЗ, вычисленного по IGRF коэффициентам, для территории России: *а* – прогноз с 1995 г. на 2000 г.; *б* – то же с 2000 г. на 2005 г.; *в* – схема профилей, для которых проводилось сравнительное исследование. Изолинии: 1 – отрицательные; 2 – положительные; 3 – нулевая; 4 – граница России; 5 – профиль; б – год проведения измерений.

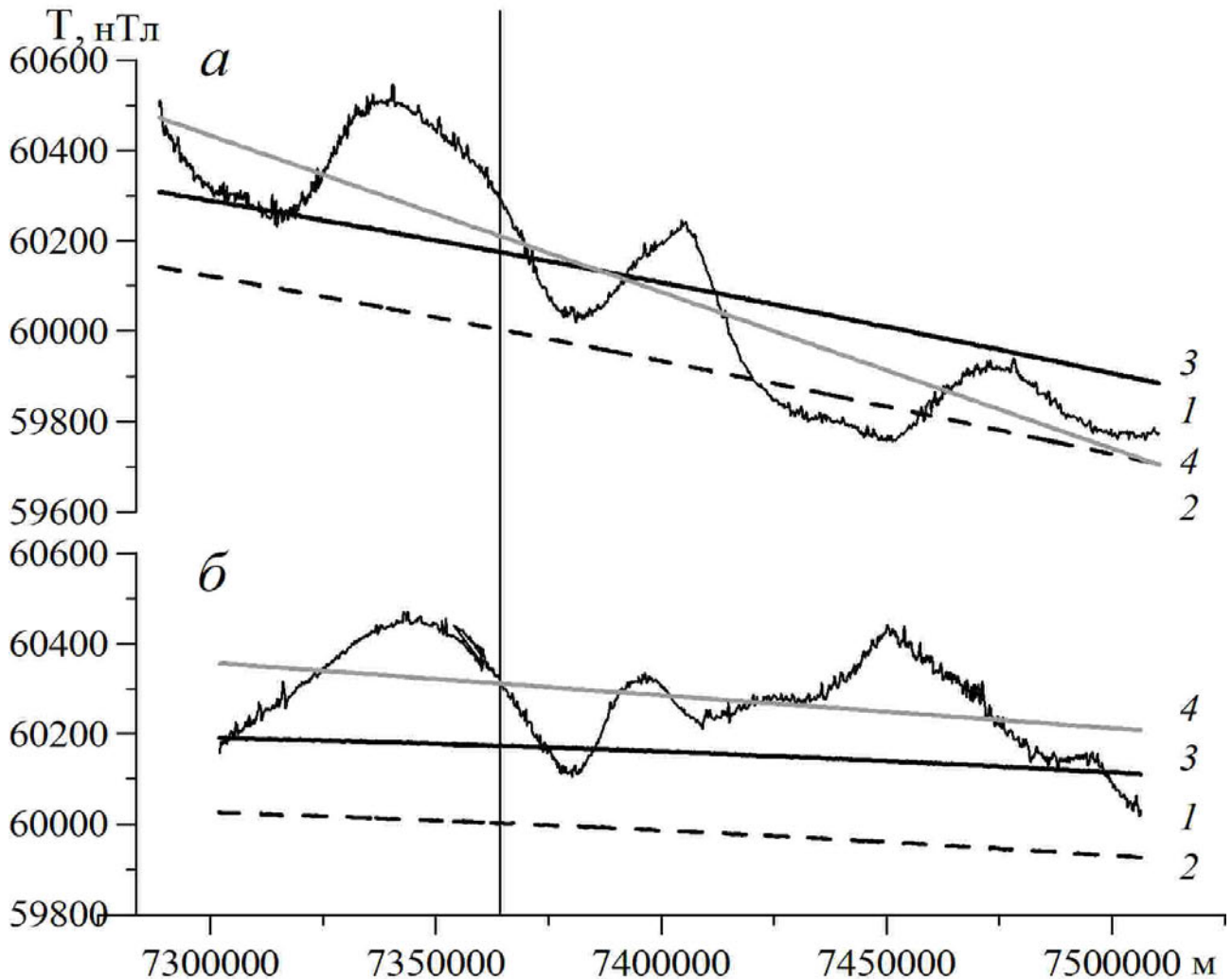


Рис. 2. Сравнение уровней нормального поля, полученных разным способом, на примере двух профилей (а и б) в Западной Сибири. Местоположение профилей показано на рис. 1в. 1 – измеренные значения; 2 – прогноз нормального поля; 3 – нормальное поле, вычисленное по более поздней модели; 4 – линейный тренд.

связано только с некорректностью прогноза векового хода для данного региона, а никак ни с самим вековым ходом. Это означает, что если бы эти два профиля выполнялись даже в один и тот же год, но аномальное поле вычислялось бы, в одном случае, в 2005 г. по коэффициентам прогноза векового хода, а в другом – по новым коэффициентам, принятым в 2006 г., то невязка в точке пересечения профилей составила бы 170 нТл. Так возникают основные проблемы при построении сводных карт аномального магнитного поля по данным съемок разных лет.

Обоснованная корректировка уровня ГМПЗ для съемок разных лет могла бы частично снять остроту этой проблемы. Но зачастую, при обработке результатов измерений ГМПЗ, аномальное поле получают вычитанием тренда, порядок которого определяется исследователем по его усмотрению. При этом уровень введенного нормального поля нигде не фиксируется и в дальнейшем может быть восстановлен неоднозначно.

В ходе обработки это, как правило, вынужденная мера, поскольку магнитная съемка проводится с целью последующей геологической интерпретации и в жесткие сроки. Исполнитель не может ждать, когда появится модель нормального поля, удовлетворяющая требованиям задачи интерпретации. Кроме того, при выполнении магнитной съемки с геологоразведочной целью задача исследователя состоит, в первую очередь, в интерпретации локальных аномалий, а региональные аномалии его попросту не интересуют и даже мешают. Вопрос влияния на результат интерпретации перекоса аномалий, который при этом может возникнуть, выходит за рамки обсуждаемой в данной работе темы, но для рассматриваемых нами двух профилей результат такого подхода представлен на рис. 2. Надо отметить, что в этом случае конечная невязка составит около 90 нТл, что существенно меньше, чем полученная за счет неправильного прогноза векового хода. Но представления о региональной

составляющей аномального поля оказываются совершенно искаженными.

Можно предположить, что для рассматриваемого региона некорректность прогноза ГМПЗ связана с тем, что этот регион удален на значительное расстояние от всех стабильно работающих магнитных обсерваторий. Рассмотрим аналогичную ситуацию для съемки, выполненной над прибрежной частью Берингова моря.

БЕРИНГОВО МОРЕ

Над акваторией Берингова моря осенью 2003 г. проводились измерения модуля полного вектора геомагнитного поля T вдоль опорного профиля длиной более 230 км. Измеренные значения показаны на рис. 3. Для вычисления нормального поля мог быть использован только прогноз векового хода, причем прогноз осуществлялся всего на три года. Вычисленные по коэффициентам прогноза значения T_n можно сравнить с рассчитанными после принятия новой модели в 2006 г. Соответствующие результаты показаны на рис. 3. Видно, что ошибка прогноза вдоль профиля составила по модулю

100–140 нТл, причем, как и в предыдущем случае, прогноз оказался сильно заниженным. Вполне естественным было бы в этом случае в целях дальнейшей интерпретации попытаться определить уровень нормального поля как тренд. Но поскольку поле на этом профиле высокоаномально, в несколько раз превышает дисперсию аномального поля, которая по разным источникам (Петрова, 1973; Симоненко и др., 1970) для территории России составляет 200 нТл, корректное и однозначное определение характера тренда было бы затруднительным. И несомненная польза от прогноза ГМПЗ для этого региона состоит, как минимум, в получении оценки его формы. Наблюдаемая линейность может служить ориентиром при выборе порядка полинома при вычислении тренда. Однако, как показано на рис. 3, линейный тренд на этом профиле имеет совершенно другой наклон. Таким образом, и для этого региона магнитные съемки, выполненные с разностью в несколько лет, затруднительно использовать совместно, а построенные карты аномального магнитного поля могут не стыковаться.

Аналогичные расчеты были выполнены

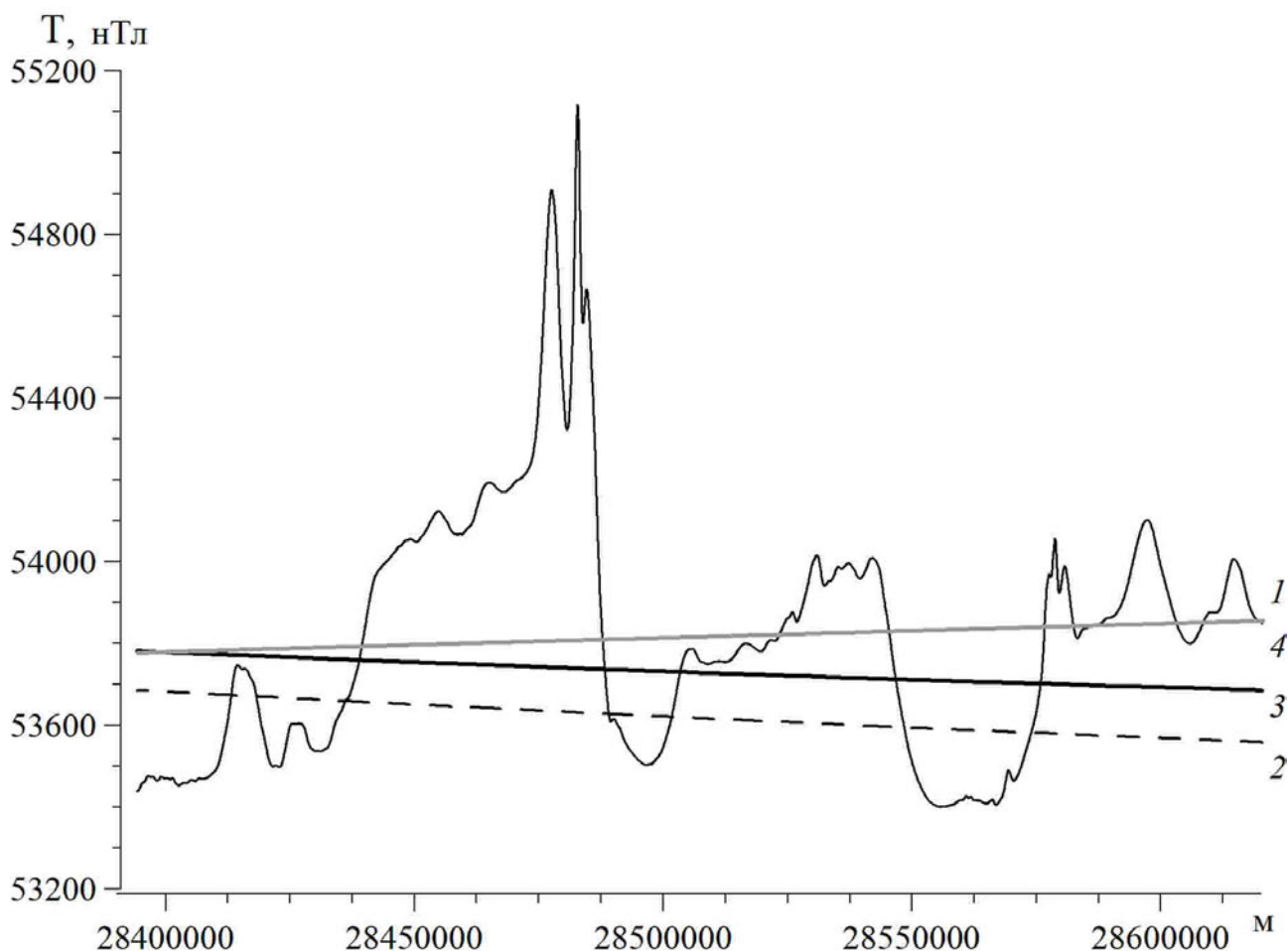


Рис. 3. Сравнение уровней нормального поля, полученных разным способом, на примере профиля над Беринговым морем. Условные обозначения те же, что и на рис. 2.

нами для отдельных съемок в других регионах страны (рис. 1б). Получено, что для периода 1995-2005 гг. ошибка уровня аномального магнитного поля из-за неадекватного прогноза векового хода составляет $-20 \div -30$ нТл для региона Баренцева моря, $-16 \div -25$ нТл для района Астрахани и уже $-80 \div -110$ нТл для Башкирии. Для сравнения: погрешность современной высокоточной аэромагнитной съемки не превышает $\pm(3-5)$ нТл (Мавричев, Петрова, 2001; Мавричев и др., 2001, 2002а).

Тот факт, что для европейской части России в предыдущие 20 лет наблюдалась минимальная ошибка прогноза (Cain et al., 1987, 2002, 2003; Olsen, 2002), не гарантирует сохранения такого же соотношения в нынешнее пятилетие. На данный момент качество прогноза до 2010 г. можно проанализировать только опираясь на данные магнитных обсерваторий.

МАГНИТНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И IGRF МОДЕЛЬ

Для сравнения нами были выбраны магнитные обсерватории, расположенные на территории России или вблизи ее границ, для которых доступны среднегодовые значения вплоть до 2007-2008 гг. (рис. 4). Полученные в каждой из обсерваторий среднегодовые значения T сравнивались со значениями, вычисленными по модели IGRF 2005 (после 2005 г. – по прогнозу) в точке ее расположения. Результаты, полученные для каждой обсерватории, представлены на рис. 4 в отдельных блоках, снабженных кодом и названием обсерватории. Для наглядности сравниваемые кривые совмещены по уровню, т. е. значение аномального поля в точке расположения обсерватории в расчет не принималось. Кроме того, на рис. 4 приведен прогноз векового хода модуля ГМПЗ, вычисленный на 2010 г. по последней модели IGRF для всей рассматриваемой области. Сравнение измеренных и вычисленных значений показывает, что практически для всех обсерваторий после 2005 г. тенденция векового хода ГМПЗ изменилась. Для обсерваторий, попадающих в зону высокого положительного векового хода, при сохранении основной тенденции роста, скорость этого роста заметно уменьшилась, что особенно заметно в высоких широтах. Минимальное отклонение можно отметить в обсерваториях Будков (BDV) и Панагюрище (PAG). Этот результат не зависит от степени аномальности прогноза векового хода в районе обсерватории. Так, обсерватория Алма-Ата (AAA) находится в самом высокоаномальном районе, а отклонения в скорости роста ГМПЗ для этой обсерватории сравнимы с данными для обсерватории BDV. Если рас-

сматривать две северные обсерватории Остров Медвежий (BJN) и Тикси (TIK), то для последней отклонение от прогноза такое же, если не выше, чем для обсерватории BJN, в то время как уровень аномалии в районе обсерватории BJN на 120 нТл превышает аналогичное значение для обсерватории TIK. Уровень аномальности векового хода в районе обсерватории Новосибирск-Ключи (NVS) такой же, как и для обсерватории TIK, но здесь все еще наблюдается устойчивый рост ГМПЗ, а уменьшение скорости сравнимо с данными для обсерватории ARS. Скачок IGRF поля в 2000 г., связанный с радикальным изменением модели (изменение порядка полинома), в обсерватории NVS того же знака, что и в обсерватории PAG, хотя они удалены друг от друга на значительное расстояние. Для близко расположенных обсерваторий Нурмиярви (NUR), Борок (BOX), Бельск (BEL) характерно схожее отклонение от прогноза, несмотря на то, что они расположены в зонах разной аномальности векового хода.

Обсерватория Иркутск-Патрони (IRT) попадает в область, где прогноз векового хода на 2010 г. близок к нулю и составляет примерно $+20$ нТл. Однако для этой обсерватории после 2003 г. характерен переход к убыванию среднегодовых значений модуля ГМПЗ, которое уже составило к 2007 г. -17 нТл. Смену тенденции можно наблюдать и для тех обсерваторий, которые попадают в зону прогноза отрицательного векового хода. Это касается обсерваторий Чангчун (CNH), Пекин (BMT) и японских обсерваторий Мизусава (MIZ) и Какиока. Последняя не приведена на рис. 4, поскольку полученные для нее результаты полностью совпадают с MIZ. Модуль ГМПЗ в этих обсерваториях начинает выказывать тенденцию к росту, хотя и в разной степени. К сожалению, для территории России мы не имеем к настоящему времени других данных. Но все приведенные выше примеры показывают, что к 2010 г. пространственная структура ГМПЗ изменится и вновь будет отличаться от прогноза, причем теперь это может затронуть и европейскую часть России.

Тот факт, что с появлением спутниковых измерений в России (и не только) были свернуты систематические измерения на пунктах векового хода (ПВХ), а большая часть магнитных обсерваторий осталась без необходимой финансовой поддержки, привел к тому, что были утеряны сведения о региональных особенностях пространственно-временной структуры ГМПЗ. Невозможно переоценить значение спутниковых данных для построения глобальных моделей ГМПЗ, особенно для акваторий и труднодоступных территорий. Но что касается оперативного отслеживания региональных особенностей векового хода, то, как показывает обширный

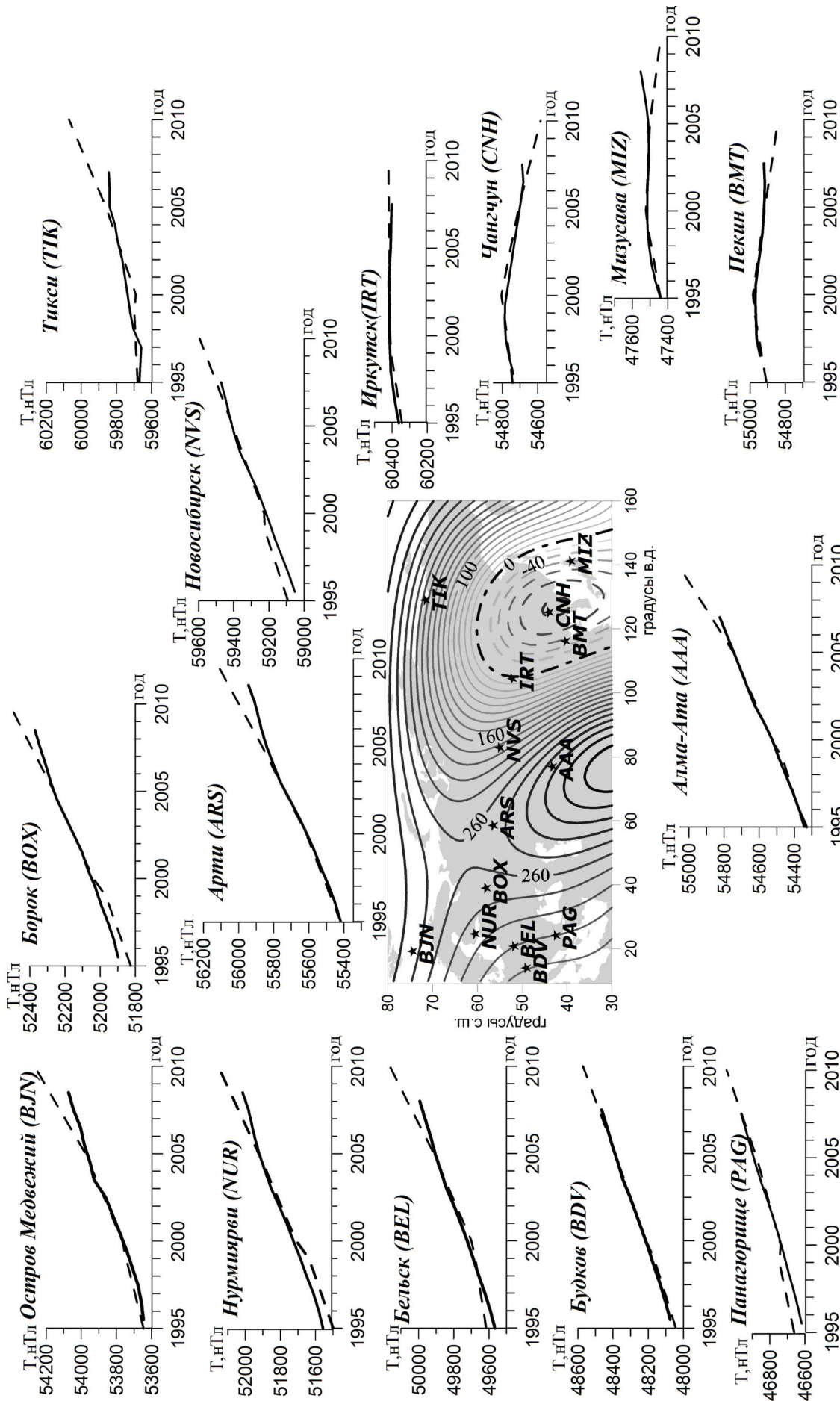


Рис. 4. Сравнение прогноза векового хода с 2005 г. на 2010 г. с реальными данными, полученными в магнитных обсерваториях. На карте в изолиниях – прогноз векового хода модуля ГМПЗ. Изолинии обозначены так как и на рис. 1. Звездочкой показано местоположение обсерватории, рядом – ее трехбуквенный код. В блоке каждой обсерватории представлены среднегодичные значения модуля ГМПЗ: сплошная линия – по данным обсерватории, пунктир – вычисленные по IGRF коэффициентам в точке расположения обсерватории.

опыт (Ладынин и др., 2006а; Coticchia et al., 2000; De Santis et al., 2007), без данных опорной сети обсерваторий не обойтись. В частности, было получено, что оптимальный временной интервал между двумя моделями должен составлять 2-3 года. В связи с этим в Европе в 2003 г. стартовала программа MagNetE (Korte, Mandea, 2003; Proceedings, 2003, 2005, 2007, 2009), цель которой – создание единой для всех европейских странах сети ПВХ, работающих по одной методике проведения измерений и обработки данных. К настоящему времени такая сеть уже работает, позволяет оперативно отслеживать все текущие изменения ГМПЗ с интервалом в два года. Кроме того, разработаны методики и накоплен некоторый практический опыт по построению региональных моделей ГМПЗ и их оперативной корректировке на основе комбинирования спутниковых данных и результатов наземных измерений (Macmillan et al., 2007; Mandea et al., 2007; McLean et al., 2004; Thomson et al., 2007).

Периодичность в 2-3 года построения региональной модели ГМПЗ особенно актуальна для Волго-Уральского и Сибирского регионов России. Так, на севере Уральского региона по данным обсерватории Арти в период (с 2000 по 2005 гг. было зафиксировано резкое увеличение векового хода до 46-48 нТл/год по сравнению с 10-12 нТл/год за предыдущий период с 1965 по 2000 гг.). Дальнейший прогноз векового хода по IGRF модели, как было показано выше, также не подтвердился. Это привело к тому, что в течение 10 лет высокоточные площадные аэромагнитные съемки, количество которых наращивалось каждый год, остались без поддержки уровня нормального поля, и их результаты могут быть включены в карту аномального магнитного поля России только после введения каких-то дополнительных поправок.

В Сибири к настоящему времени сформировался крупный центр неустойчивого поведения вековых вариаций геомагнитного поля, а отслеживание его динамики осуществляется только двумя обсерваториями – Иркутск и Новосибирск (Стекольный), включенными в проект INTERMAGNET, и обсерваторией Тикси на севере, в то время как в Сибирском регионе в настоящее время разворачиваются высокоточные аэромагнитные работы на обширных площадях. Ситуация, аналогичная описанной выше для Волго-Уральского региона, может повториться.

Структура сети ПВХ, т. е. их количество и пространственное размещение, должна стать предметом специального исследования на основе анализа спутниковых данных, а также данных работающих магнитных обсерваторий. Методика и приборная база для проведения работ на ПВХ уже разработана и опробована

(Ладынин и др., 2006б). Для начала следует, как минимум, восстановить бесперебойную работу существующих магнитных обсерваторий и поднять техническое обеспечение измерений во всех обсерваториях до уровня, требуемого для их включения в INTERMAGNET, что позволит оперативно использовать их данные для построения и корректировки моделей ГМПЗ. Это легко демонстрируется новыми данными. Так за время подготовки данной работы уже появилась новая, пока предварительная модель IGRF11, построенная только по спутниковым данным и данным магнитных обсерваторий, включенных в INTERMAGNET. Легко убедиться, что наилучшим образом в новой модели скорректирован прогноз для обсерваторий Борок, Новосибирск и Иркутск. Кроме того, по сравнению с прогнозом, существенно изменилась структура вековой вариации для всего Сибирского региона, причем в точке расположения обсерватории Якутск вековой ход изменился с +10 нТл/год на -5 нТл/год. Оценить степень корректности этих изменений можно было бы, если бы обсерватория продолжала стабильно работать.

Задача поддержки магнитных обсерваторий, восстановления старых и создания новых ПВХ непосильна отдельным ученым. Очевидно, что это должна быть государственная программа по созданию службы векового хода ГМПЗ на территории России, в задачу которой входило бы создание и своевременная корректировка доступной для использования региональной модели. Оптимально такая служба могла бы быть создана на базе либо НИИ, занимающегося изучением ГМПЗ, либо какого-либо университета, имеющего необходимую аппаратуру и опыт работы. В последнем случае к проведению измерений могут привлечены студенты и аспиранты, а в случае размещения ПВХ в районах интенсивных геологических изысканий к решению этой задачи можно привлечь заинтересованные предприятия геологоразведки и их заказчиков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача обновления сводной карты аномального магнитного поля России на основе современных аэромагнитных съемок затруднена из-за неопределенности уровня ГМПЗ, который вводится в магнитные измерения. Причем во многих случаях речь идет не только об уровне, но и возможном перекосе всего полигона.

Прогноз ГМПЗ, вычисленный по общепринятой IGRF модели, некорректно отражает вековой ход для Сибирского и Дальневосточного регионов. Никакая инструкция по магнитной разведке не поможет изменить применяющийся

на практике порядок введения уровня нормального поля до тех пор, пока этот уровень не будет отражать реальный вековой ход.

Интервал построения глобальных моделей ГМПЗ в пять лет не позволяет корректно и оперативно отражать тенденции изменения векового хода на территории Сибирского и Дальневосточного регионов.

Поддержание уровня нормального поля для территории Сибири и Дальнего Востока требует восстановления сети опорных магнитных обсерваторий и пунктов векового хода, измерения на которых проводились бы не реже, чем раз в два года. Такие измерения, наряду со спутниковыми данными, могли бы служить основой для построения региональной модели ГМПЗ и ее регулярного оперативного обновления.

Создание такой общедоступной модели позволило бы выработать единую основу, обеспечивающую как решение практических задач магниторазведки, так и фундаментальные исследования наблюдающегося в последние десятилетия аномального векового хода ГМПЗ.

Список литературы

- Ладынин А.В., Попова А.А., Семаков Н.Н.* Вековые вариации геомагнитного поля: сравнение спутниковых и наземных данных. // Геология и геофизика. 2006а. Т. 47. С. 278-291.
- Ладынин А.В., Попова А.А., Семаков Н.Н.* Методика изучения вековых вариаций геомагнитного поля по измерениям на обсерваториях и пунктах векового хода с использованием феррозондовых теодолитов. // Геология и геофизика. 2006б. Т. 47. С. 800-811.
- Мавричев В.Г., Петрова А.А.* Крупномасштабная аэромагнитная съемка осадочных бассейнов. // Разведка и охрана недр. 2001. № 9. С. 14-18.
- Мавричев В.Г., Петрова А.А., Козеев С.И., Степанов И.В.* Комплексные аэрогеофизические съемки при оценке малоизученных нефтегазоносных регионов // Малоизученные нефтегазоносные регионы и комплексы России. М.: ВНИГНИ, 2001. С. 10-12.
- Мавричев В.Г., Петрова А.А., Козеев С.И.* Многоярусный фундамент шельфа Северного Каспия и его отражение в структуре осадочного чехла по данным крупномасштабной аэромагнитной съемки // Отечественная геология. 2002а. № 6. С. 3-12.
- Мавричев В.Г., Петрова А.А., Козеев С.И., Атаков А.И.* Роль аэрогеофизической съемки в решении нефтегазопроисловых задач // Разведка и охрана недр. 2002б. № 12. С. 4-9.
- Мавричев В.Г., Петрова А.А., Гололобов Ю.Н. и др.* Оценка нефтегазоносности западных терри-
- торий Пермского края по данным крупномасштабных аэрогеофизических съемок // Материалы международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка и нефтехимия - 2006», 24 мая 2006 г. Уфа. Уфа: ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ», 2006. С. 47-48.
- Мавричев В.Г., Петрова А.А., Степанов И.В.* Аэрогеофизическая съемка Урала с качественно новой высокочувствительной аппаратурой // Геофизические исследования Урала и сопредельных регионов. Екатеринбург, 2008. С. 56-61.
- Петрова А.А.* Исследование сложной структуры аномального магнитного поля. // Материалы IX конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля и палеомагнетизму. Ч. 1. Баку, 1973. С. 101-103.
- Петрова А.А., Мавричев В.Г., Козеев С.И.* Выделение залежей углеводородов в Западно-Кубанском прогибе по данным детальной аэромагнитной съемки // Разведка и охрана недр. 2001. № 9. С. 18-20
- Симоненко Т.Н., Петрова А.А., Горшкова Т.А.* Статистические свойства аномального магнитного поля по некоторым профилям над территорией СССР // Материалы VIII конференции по вопросам постоянного геомагнитного поля. Ч. 1. Киев: Наукова думка, 1970. С. 55-58.
- Cain J.C., Kluth C.* Evaluation of the 1985–1990 secular variation Candidates // Phys. Earth Planet. Inter. 1987. V. 48. P. 362-378.
- Cain J.C., Ajayi O., Ferguson B.B. and Mozzoni D.T.* Forecasting the geomagnetic field at 2005 using Orsted and observatory data // Geophys. Res. Lett. 2002. V. 29. № 15.8001.
- Cain J.C., David T. Mozzoni, Bruce B. Ferguson, and Olufunto Ajayi* Geomagnetic secular variation 1995-2000 // JGR. 2003. V. 108. №. B3. 2161.
- Coticchia A., De Santis A., Di Ponzio A. et al.* Italian Magnetic Network and geomagnetic field maps of Italy at year 2000.0 // Bollettino di Geodesia e Scienze Affini. 2001. IV. P. 261-291.
- De Santis A., Chiappini M., Dominici G., Meloni A.* Regional geomagnetic field modeling: the contribution of the Istituto Nazionale di Geofisica // Annali di Geofisica. 1997. V. 40. P. 1161-1169.
- Korte M., Manda M.* Improvements Planned for European Geomagnetic Repeat Stations // EOS. 2003. V. 84. №. 17. doi:10.1029/2003EO170006.
- Manda M, Lühr H., Korte M. et al.* A comprehensive view of the Earth's magnetic field from ground and space observations // Zweijahresbericht GeoForschungsZentrum Potsdam 2004/2005. 2007. P. 63-76.
- Macmillan S., Hamilton B., Thomson A., Reay S.*

- Modelling the earth's magnetic field with satellite and observatory data // Proceedings of IUGG XXIV General Assembly Perugia. Italy. July 2-13 2007. ASV037.
- McLean S., Macmillan S., Maus S.L. et al.* The US/UK World Magnetic Model for 2005-2010 // NOAA Technical Report NESDIS/NGDC-1. December 2004. 77 p.
- Olsen N.A.* A model of the geomagnetic field and its secular variation for epoch 2000 estimated from Orsted data // Geophysical Journal International. 2002. V. 149. №. 2. P. 454-462.
- Proceedings of Workshop on European Magnetic Repeat Stations // GFZ Potsdam 20-21 Feb 2003.
- Proceedings of the 2nd Workshop on European Magnetic Repeat Station Survey // IGIK Warsaw. 6-8 Apr 2005.
- Proceedings of the 3rd MagNetE Workshop «ON EUROPEAN GEOMAGNETIC REPEAT STATION SURVEY 2005-2006» // Bucharest. 14-16 May 2007.
- Proceedings of the 4th MagNetE Workshop «ON EUROPEAN GEOMAGNETIC REPEAT STATION SURVEY» // Helsinki. Finland. 8-10 June 2009.
- Thomson A., Reay S., Macmillan S., Hamilton B.* Satellite Data Selection, Treatment and Modelling in Global Geomagnetic Field Models // Proceedings IUGG XXIV General Assembly. Perugia. Italy. 2007. ASV037.

ACCURACY OF THE FORECAST OF THE SECULAR VARIATION OF THE MAIN GEOMAGNETIC FIELD AND HOW IT AFFECTS THE GENERALIZED MAPPING OF AN ANOMALOUS MAGNETIC FIELD IN RUSSIA

I.M. Demina, A.A. Petrova

*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation,
the St.-Petersburg Branch of the Russian Academy of Sciences*

The article presents a research in accuracy of forecast of secular variation of the Earth's main magnetic field calculated using generally accepted international model of a normal field. An inaccuracy of the forecast for the Russian territory is structured and its gradient covers the territories of Siberia and the Far East. Over the period 2000-2005 the inaccuracy comprised -300 nT. The authors obtained estimations of discrepancies which may accompany the generalized mapping of an anomalous magnetic field using just the secular variation forecast or trend. We have compared the forecast of the main field secular variation for the period up to 2010 and its real variations recorded by magnetic observatories.

The five year forecast does not show the current variations in the history of the secular variation. It is necessary to create and support a regional model of the main magnetic field based on a network of magnetic observatories and repeat stations. It seems that the most advanced methods should combine data from global satellite survey and a network of permanent observatories.

Keywords: variations, forecast, anomalous magnetic field, repeat station network.