

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ им. С.И. СУББОТИНА

---

На правах рукописи

УДК 550.383:385

РОМЕНЕЦ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВОЗМУЩЕННОСТЬ  
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ.

04.00.22 - геофизика

диссертация на соискание ученой степени

кандидата геологических наук

Научный руководитель:  
ОРЛЮК МИХАИЛ ИВАНОВИЧ  
Зав. отделом геомагнетизма  
доктор геологических наук

К И Е В – 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ	14
1.1. Краткий исторический экскурс	14
1.2. Структура магнитного поля Земли	18
1.2.1. Магнитосфера Земли	19
1.2.2. Гармоническое и не гармоническое «экологическое» магнитное поле	21
1.2.3. Внутреннее магнитное поле Земли.	24
РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ МОДУЛЯ В	41
РАЗДЕЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ	46
3.1 Магнитное поле по обсерваторским наблюдениям	46
3.2 Аномальное магнитное поле $\Delta B_a$	51
3.3 Нормальное магнитное поле $B_{IGRF}$	54
3.4 Характеристика модуля индукции магнитного поля В	58
РАЗДЕЛ 4. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВОЗМУЩЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ	68
4.1 Новый критерий оценки пространственно-временной структуры МПЗ	69
4.2 Возмущенность магнитного поля Земли и территории Украины	70
4.3 Оценка индукционного подмагничивающего эффекта магнитных источников земной коры территории Украины	75
4.4 «Экологическая норма» магнитного поля	89

	3
4.5 Экологическая возмущенность магнитного поля Земли	95
4.6 Экологическая возмущенность магнитного поля Украины	99
4.7 Взаимосвязь некоторых явлений в биосфере с пространственно-временными изменениями магнитного поля Земли	106
<b>ВЫВОДЫ</b>	119
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	122

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Квазистационарное магнитное поле Земли (МПЗ) является одним из определяющих геофизических факторов относительно процессов в разных оболочках и планеты в целом. Много явлений в магнитосфере, ионосфере, атмосфере [Яновский, 1978; Казимировский, 1990; Мартазинова, 2006; Бахмутов, 2011, 2014; Manda, 2005; Maus, 2007] и биосфере предопределяется состоянием магнитного поля и геомагнитной активностью, поэтому их оценка и прогноз является чрезвычайно актуальной задачей.

Магнитное поле давно вызывает интерес у исследователей, изучающих влияние векового хода магнитного поля Земли на эволюцию живых организмов [Виллорези и др., 1995; Владимирский, Кисловский, 1982; Холодов, 1982]. Результаты научных исследований показывают, что геомагнитное поле является важным фактором окружающей среды, активно взаимодействующим с другими экологическими факторами, в том числе с техногенными магнитными полями [Билобров и др., 1993; Герман, Голдберг, 1981; Головин и др. 2002; Клочек и др. 1995; Трифионов, Караханян, 2004].

К настоящему времени вопросу влияния магнитного поля на человека посвящено множество публикаций. Многие из них посвящены исследованиям влияния магнитного поля Земли и Солнца на динамику заболеваемости и смертности населения [Фатхутдинова, 2001]. Известно возрастание числа суицидов в отдельные дни или периоды, что связано с психическим состоянием человека [Большаков, Малиновская, 1998; Кондратьев, Донченко, 1999]. А.П. Чижевский [Чижевский, 1976; Чижевский, 1995]. показал, что многие случаи массовых психозов (в том числе и революции) можно объяснить изменениями электромагнитных полей Земли и Солнца.

Но, как отмечено в работе [Серпов, 2007], «в последние годы среди ученых отмечается некоторое разочарование и это, в основном, связано с

крайней противоречивостью полученных результатов, их низкой воспроизводимостью в других исследованиях [Kirschvink, 1992; Saunders, McCaig, 2005; Wilin et al., 2006]. Такие противоречия в результатах обнаруживались и ранее, но их объясняли недостаточно корректной математико-статистической обработкой или необходимостью использовать более совершенные индексы солнечной и геомагнитной активности. В настоящее время число таких индексов и показателей составляет более 40 и несмотря на то, что стали внедряться самые совершенные методы математико-статистической обработки, проблемы остались».

Значит, можно предположить, что реализация солнечно-земных связей, в контексте влияния на биосферу и человека в частности, в первую очередь, зависит от геофизических особенностей территорий и уровня техногенного электромагнитного загрязнения окружающей среды. В таком случае накопившийся комплекс противоречий получил бы какое-то объяснение. Однако региональные особенности изменений геомагнитного поля в сравнительном аспекте фактически не изучались. А в Украине имеются территории с аномально высоким уровнем магнитного поля.

Влияние определенных геологических факторов на жизнедеятельность человека к настоящему времени считается установленным. Еще В.И. Вернадский сформулировал представление о биогеохимических регионах [Вернадский, 1944] и это научное направление в дальнейшем получило большое развитие [Агаджанян и др., 2001; Агаджанян, Макарова, 2001; Гарецкий, Каратаев, 1995; Жигалин, 1996].

Магнитное поле территории Украины сильно дифференцировано с наличием ряда интенсивных аномалий. Например, юго-восточное продолжение Курской магнитной аномалии. В некоторых ее районах геомагнитное поле в 1,5–2 раза превышает фоновый уровень (рис.1.1). Значит, можно предположить, что из-за неоднородности уровня магнитных полей на местности в процессе передвижения даже в пределах одного населенного пункта человек подвергается воздействию постоянного перепада

уровня геомагнитного поля, другими словами, население подвергается воздействию аномально высокого уровня природных магнитных полей [Евдокимов, 2003]. Характер и интенсивность такого воздействия существенно различаются.

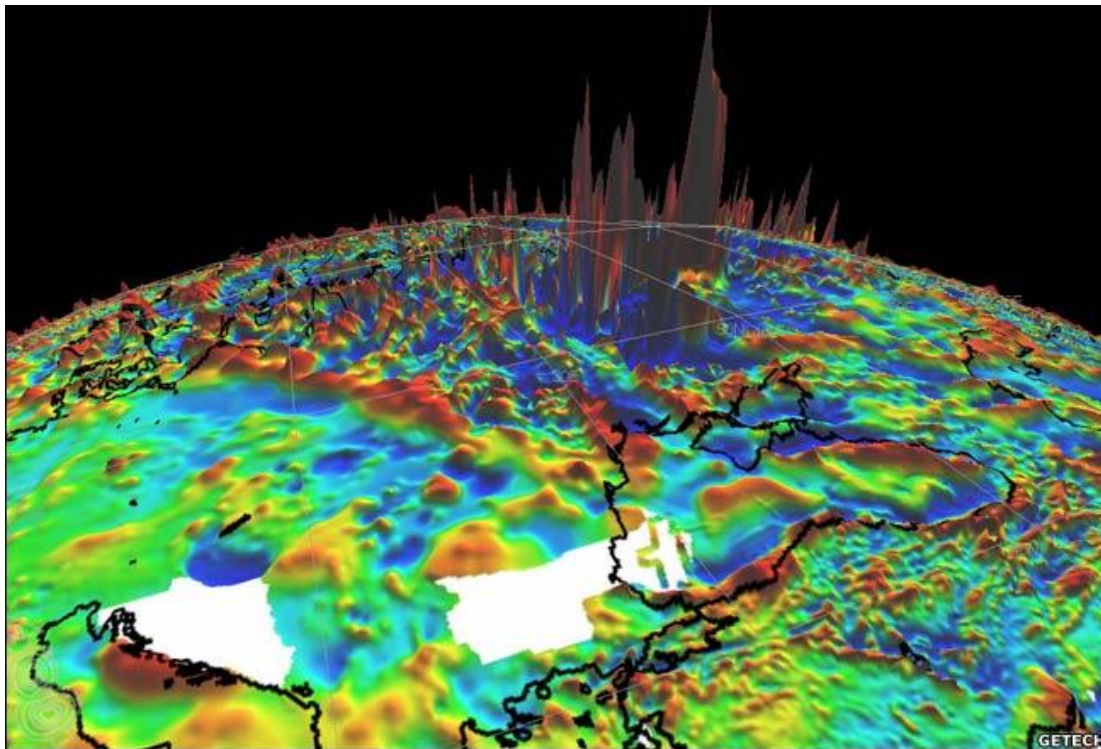


Рис.1.1 3D изображение Курской магнитной аномалии

[<http://www.getech.com/gravity-magnetic/>]

К рассматриваемым аномальным зонам фактически можно условно отнести и мегаполисы, как территории с ярко выраженными электромагнитным загрязнением техногенного характера. Для электромагнитного фона наиболее характерны полосы частот: 50000 Гц – энергоснабжение, 1–32 МГц – вещание коротковолновых радиостанций, 66–1800 МГц – телевизионное радиовещание, радиорелейные виды связи, радиотелефонные системы и т.п. К этому следует добавить особенности электромагнитной среды на производстве, в жилых и общественных зданиях [Григорьев, 1995]. Следовательно, мегаполисы тоже можно условно отнести к аномальным зонам.

Современный человек живет в условиях постоянного воздействия природных, техногенных, экологических, социальных и других факторов окружающей среды, влияющих на его жизнедеятельность и здоровье. Решение вопроса о таком влиянии может быть выполнено при обнаружении общности механизмов чувствительности населения к изменениям природных и техногенных магнитных полей.

Магнитное поле Земли, обусловленное внутренними источниками, имеет сложную структуру на ее поверхности. Общеизвестным является факт существенных изменений величины модуля индукции  $B$  в широтном и долготном направлениях. В частности интенсивность  $B$  в широтном направлении закономерно уменьшается от северного и южного магнитных полюсов к геомагнитному экватору. В долготном направлении также происходит существенное изменение величины  $B$ . На этом фоне наблюдаются значительные колебания интенсивности магнитного поля Земли (МПЗ), обусловленные региональными особенностями строения литосферы Земли.

В настоящее время накоплены огромные массивы как наземных, так и спутниковых данных о пространственных и временных изменениях геомагнитного поля.

Под **пространственно-временной возмущенностью** геомагнитного поля следует понимать его существенные отклонения от определенных пространственно-временных закономерных изменений. Наглядным примером временной возмущенности геомагнитного поля являются магнитные бури ( $50 \div 300$  нТл и больше), которые протекают на фоне солнечно-суточных вариаций ( $10 \div 30$  нТл), а пространственной – интенсивные аномалии ( $500 \div 10000$  нТл и больше) на фоне нормального магнитного поля Земли ( $20000 \div 70000$  нТл). Следовательно, большой вклад в пространственно-временную возмущенность геомагнитного поля обуславливается его внутренним магнитным полем.

К настоящему времени взаимосвязь разных явлений и процессов с геомагнитным полем в указанных оболочках исследовалась в большинстве случаев относительно переменной его части, обусловленной, в первую очередь, солнечной активностью и аномалиями векового хода. Поэтому актуальной задачей теперь является создание цифровых массивов и разработка карт абсолютных значений геомагнитного поля (в данном случае модуля индукции  $B$ ) на соответствующие эпохи, которые являются своеобразными «базовыми» элементами как для оценки его состояния и пространственно-временной возмущенности, так и для исследования корреляционных связей с рядом процессов в биосфере.

Следовательно, решению этих вопросов, а именно разработке цифровых карт модуля индукции геомагнитного поля, изучению его пространственно-временных изменений, разработке новых критериев оценки возмущенности геомагнитного поля территории Украины, а также некоторых аспектов их применения, и посвящена данная работа.

#### **Связь работы с научными программами, планами, темами.**

Работа выполнялась в соответствии с научными темами:

1. Мониторинг геофизических полей с целью снижения рисков от опасных природных явлений на территории Украины (2007–2011 гг.).  
Регистрационный номер 0107U002195.

2. Разработка детальных 3D гравитационных, магнитных и тектонофизических моделей верхней части земной коры в связи с прогнозированием полезных ископаемых и оценкой экологического состояния окружающей среды (2008–2010 гг.).  
Регистрационный номер 0108U000525.

3. Геофизический мониторинг геодинамических процессов на территории Украины в связи с решением проблем экологической и сейсмической опасности (2012 – 2016 гг.).  
Регистрационный номер 0112U003046.



4. Пространственно-временная структура магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе (в связи с солнечной активностью и временами года).

Регистрационный номер 0112U003454.

5. Литосферные и внешние источники магнитного поля Земли Украины относительно геологической эволюции земной коры, ее рудо- и нефтегазоносности и экологического состояния окружающей среды (2013–2017 гг.).

Регистрационный номер 0113U000343.

6. 3D геофизические модели структур верхней части земной коры переходной зоны от Восточно-Европейской платформы к Черноморской мегавпадине в связи с прогнозированием полезных ископаемых та оценкой экологического состояния окружающей среды (2011–2013 гг.).

Регистрационный номер 0111U000233.

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является оценка пространственно-временной возмущенности геомагнитного поля территории Украины.

Для этого необходимо разработать карты модуля индукции  $V$  и его нормальной составляющей  $V_{IGRF}$  для земного шара и для территории Украины, детально оценить пространственное распределение и временной градиент геомагнитного поля на поверхности Земли за указанный период времени. На основании анализа модуля индукции  $V$ , его аномальной и нормальной составляющих с использованием новых подходов исследовать пространственно-временную возмущенность геомагнитного поля, а также ее динамику для территории Украины. Рассмотреть вклад различных источников в суммарное поле и оценить индукционный подмагничивающий эффект, построить соответствующие карты. Рассмотреть экологический аспект геомагнитного поля и его «экологическую» возмущенность.

**Объектом** исследования является магнитное поле Земли.

**Предметом** исследования является пространственно-временная

структура магнитного поля Земли.

**Методы исследования:** Для решения поставленных задач использовались математические и статистические методы интерпретации с применением современных технологий анализа и представления магнитного поля, а также имеющиеся априорные геолого-геофизические данные.

**Научная новизна полученных результатов:**

1. Впервые на основе модельных расчетов и данных магнитных обсерваторий выполнен детальный анализ пространственного распределения и временных изменений геомагнитного поля на поверхности Земли и территории Украины с 1950 по 2010 гг.

2. Впервые разработаны карты модуля индукции магнитного поля  $B$  для исследуемого временного интервала.

3. Предложен новый критерий оценки пространственно-временной возмущенности МПЗ.

4. Оценена величина индукционного подмагничивающего эффекта за счет магнитных источников земной коры.

5. Предложена «экологическая норма» геомагнитного поля.

**Достоверность** полученных результатов исследований обеспечивается применением математически строгих методов анализа; использованием достоверно установленных закономерностей; математического моделирования при интерпретации результатов наблюдений; подтверждением теоретических положений результатами эксперимента.

**Практическая значимость полученных результатов.** Проведенные расчеты и полученные автором базы данных величин модуля индукции  $B$ , его нормальной компоненты  $B_{IGRF}$ , их временных изменений за более чем полувековой интервал и построенные соответствующие карты дают возможность более детально изучать динамику изменений магнитного поля, оценивать величину его возмущенности, а также использовать их в качестве «базовых» элементов при междисциплинарных исследованиях.

Полученные результаты применены при разработке карт магнитного склонения для нужд «Укразроруха» и Министерства обороны Украины.

#### **Личный вклад соискателя.**

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельной обработке литературных источников, овладении необходимыми методиками исследований, выполнении исследовательской части работы, осуществлении расчетов и статистической обработки полученных результатов, подготовке научных статей и написании диссертационной работы. Анализ полученных результатов исследований и формулирование выводов проведены совместно с научным руководителем.

Автором самостоятельно:

1. Созданы базы данных интенсивности модуля индукции магнитного поля Земли  $B$  в территории Украины, его нормальной составляющей  $B_{IGRF}$  и построены соответствующие карты для периода 1950–2010 гг. с интервалом 1 год.

2. Детально проанализированы временные изменения магнитного поля Украины по данным геомагнитных обсерваторий Украины.

3. С использованием нового критерия пространственно-временной возмущенности магнитного поля Земли  $\Delta D$  выполнен его анализ в качестве экологического фактора. Рассмотрена пространственная неоднородность  $\Delta D_{экол.}$  как для планеты в целом, так и для территории Украины.

4. Оценена величина индукционного подмагничивающего эффекта за счет магнитных источников земной коры для территории Украины.

5. Рассчитаны средние величины модуля  $B$  и  $\Delta D_{экол.}$  для всех областей Украины и АПК для периода 1958–2008 гг. в связи с необходимостью исследования корреляционных связей с рядом процессов в биосфере.

6. Автор принимал активное участие в проведении наблюдений вариаций магнитного поля Земли на геомагнитной обсерватории «Киев» и приведении качества данных к требованиям сети «Интермагнет», а так же

разработке и внедрении программного обеспечения для трансляции и обработки данных.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения и результаты работы докладывались и прошли апробацию на:

1. Международной конференции “100 лет Н.В.Пушкову”. – г. Троицк – ИЗМИРАН. – 2003 г.
2. Міжнародній конференції “Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики” – м. Київ. – 2005 р.
3. Всеукраїнській науковій конференції “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища” – м. Київ – 2006 р.
4. 6-й Украинской конференции по космическим исследованиям – НЦУИКС – г. Евпатория – 2006 г.
5. III Міжнародній науково-практичній конференції “Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення” – м. Алушта – 2007 р.
6. VIII Міжнародній конференції “Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища” – м. Київ – 2007 р.
7. The 3<sup>rd</sup> anniversary Symposium GeObMag 2008 “Surlary national geomagnetic observatory “Liviu Constantinescu” 65 years of continental work” – Bucharest, Romania – 2008 year.
8. Всеукраїнській науково-практичній конференції “Довкілля і здоров’я.” – м. Тернопіль – 2009 р.
9. IX Міжнародній науковій конференції “Моніторинг геологічних процесів” – ВПЦ “Київський університет” – м. Київ – 2009 р.
10. X<sup>th</sup> International Conference on Geoinformatics “Theoretical and Applied Aspects.” – Kiev – 2011 year.
11. International Gamov Summer School “Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology and gravitation, cosmomicrophysics, radio-astronomy and astrobiology. – Odessa. – 2011, 2012, 2013 years.

12. Девятой международной конференции “Азово-Черноморский полигон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа” – г. Ялта – 2011 г.

13. X Конференции “Геоинформатика: теоретические и прикладные аспекты” – г. Киев – 2011 г.

14. Першій кївській міжнародній науковій конференції “Наукові і методологічні основи медичної геології” – м. Київ – 2013 р.

15. П’ятій міжнародній науковій конференції “Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища” – м. Львів – 2013 р.

**Публикации.** Основные результаты опубликованы в 19 статьях, 22 материалах конференций и тезисах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из вступления, 4 разделов, выводов и списка использованной литературы, который насчитывает 165 наименований. Работа выполнена на 139 страницах машинописного текста, содержит 54 рисунка и 10 таблиц. Диссертация написана русским языком.

Диссертация выполнена в Институте геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины под руководством доктора геологических наук М. И. Орлюка, которому соискатель искренне благодарен за постановку задачи, поддержку при выполнении работы. Автор выражает также искреннюю благодарность всем сотрудникам отдела геомагнетизма, где выполнена данная работа.

## РАЗДЕЛ 1.

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

**1.1 Краткий исторический экскурс.** О существовании магнетизма известно приблизительно с VII ст. до нашей эры. Зарождение геомагнетизма как науки произошло с появлением гениальных трудов Карла Фридриха Гаусса.

С конца XIX ст. – начала XX ст. в геомагнетизме начинают бурно развиваться такие направления как изучение переменного магнитного поля и геомагнитных возмущений, магнетизм горных пород, палеомагнетизм, аномальное магнитное поле и др. Благодаря проведению непрерывных наблюдений на магнитных станциях и обсерваториях в высоких широтах была установлена тесная связь между магнитной и солнечной активностью, а идея о заряженных частицах, которые летят от Солнца в направлении Земли, стала неотъемлемой частью научного мировоззрения магнитологов.

Важными событиями в геомагнетизме было проведение международных программ под названием «Первый полярный год» (1882 – 1883 гг.) «Второй полярный год» (1932 – 1933 гг.), а также «Международный геофизический год» (1957 – 1958 гг.).

Во время «Первого международного полярного года», в проведении которого принимали участие Россия, Дания, Германия, Франция, Голландия, Австро-Венгрия, Швеция, Италия и другие страны, было собрано большое количество данных по метеорологии, магнитным явлениям и полярному сиянию.

Необходимость в международной кооперации стала еще больше очевидной и необходимой в XX ст., когда интерес к геофизическим исследованиям чрезвычайно вырос. В связи с этим в 1932 – 1933 гг. был проведен «Второй международный полярный год». В его программу были включены также наблюдения за электрическим полем Земли и за распространением радиоволн. После завершения этой программы

предусматривалось проведение через 25 лет «Третьего международного полярного года». Однако в 50-х годах XX ст. стало очевидным, что уже нельзя ограничиваться лишь работами в полярных областях и что необходимо организовывать наблюдение по всему земному шару. В связи с этим по инициативе Международного совета научных союзов (МРНС) в 1957 – 1958 гг. был проведен «Международный геофизический год» (МГГ). Главным заданием его было решение проблем планетарного характера в разных отраслях геофизики: метеорология, геомагнетизм, океанография, ракеты и спутники, сейсмология, гравиметрия, ядерная реакция. Особенностью МГГ стало то, что впервые в истории мировой науки исследования высоких слоев атмосферы и междупланетного пространства стали проводиться путем запуска ракет и спутников. В области магнетизма основное внимание было уделено исследованием магнитных вариаций, поэтому мировая сеть магнитных обсерваторий была значительно расширена. Так, лишь в СССР вдобавок к 20 действующим обсерваториям было организовано еще 10, из них три в Антарктике и две в Арктике.

Среди существенных событий, которые оказали заметное влияние на развитие геомагнетизма, особенное место занимают запуски искусственных спутников с магнитометрической аппаратурой на борту.

С запуском в 1965 г. искусственных спутников «Космос-49» (СССР) и «OGO-2» (США), оснащенных ферозондовыми магнитометрами, началась новая эра в исследовании магнитного поля Земли. Спутниковые съемки дали возможность получить детальную информацию о главном магнитном поле Земли, практически без учета долгопериодных вариаций, как это имеет место при проведении глобальных съемок, которые растягиваются на десятки лет. Повторные съемки из спутников «OGO-6» и «Космос-321», выполненные через пять лет, дали возможность впервые получить детальную картину об изменениях поля в глобальном масштабе за пятилетний интервал (1965 – 1970 гг.).

В октябре 1979 г. на синхронизированную с Солнцем орбиту был запущен спутник «МАГСАТ» (MAGSAT – Magnetic Satellite), который работал до июня 1980 г. С помощью этого спутника проводилось изучение как главного поля, так и разных компонент локального магнитного поля Земли. Повторная съемка в 2000 г., проведенная спутником «ERSTED», дала возможность измерять  $Z$ ,  $H$  компоненты магнитного поля, определить вековой ход главного магнитного поля и построить по этим данным карты главного магнитного поля.

Важной вехой в изучении аномального магнитного поля Земли стало внедрение в практику магнитной разведки аэромагнитных методов магнитной съемки. Этот метод был разработан А.А.Логачевым в 1947 г. и сразу нашел широкое применение при изучении труднодоступных территорий (горы, лес, пустыня и др.), прежде всего для поисков полезных ископаемых и геологического картирования. Возможности метода значительно расширились с разработкой трехкомпонентного аэромагнитометра. Первая съемка этим прибором была осуществлена Канадской государственной обсерваторией с 1955 по 1958 гг. Измерения были проведены над территорией Канады и акваториями Тихого и Атлантического океанов.

В 60-70-х годах XX ст. была выполнена съемка на высотах 200 – 300 м. с расстояниями между маршрутами 2 км всей территории СССР. В последние десятилетия для решения задач геологической разведки широко применяются измерения модуля полного вектора магнитного поля с использованием протонного аэромагнитометра.

Первая наземная генеральная магнитная съемка (ГМС) территории Украины была выполнена в 30-40 годах XX века. Измерения были проведены в 1418 пунктах. Точность абсолютных значений для эпохи 1935 года составляла : для  $Z$  -  $\pm 120$  нТл,  $H$  -  $\pm 10$  нТл,  $I = \pm 3'$  [Розе, 1937].

В 1969 – 1972 гг. выполнена вторая наземная абсолютная магнитная съемка. Сеть опорных пунктов имела среднюю плотность 1 пункт на  $400 \text{ км}^2$ ,



как и в 1935 г. Абсолютные значения модуля вектора  $V$  мерялись протонным магнитометром М-20, Н – QНМ. Среднеквадратическая погрешность съемки для  $V - \pm 2,4$  нТл,  $H - \pm 4,0$  нТл,  $Z - \pm 2,5-4,5$  нТл,  $D - 1,3'$ . [Крутиховська та ін., 1973].

Вторая наземная абсолютная магнитная съемка позволила привести к одному уровню имеющиеся к тому времени разновековые и разномасштабные карты аномального магнитного поля отдельных участков и предложить карту аномального магнитного поля УЩ м-ба 1:500000 [Крутиховская и др., 1982].

В дальнейшем спорадические измерения компонент геомагнитного поля Земли проводились в 39 пунктах векового хода (ПВХ).

Усилиями коллективов ИГФ НАН Украины, КО ИГФ НАН Украины и УкрГГРИ, в 2003 – 2006 гг. после 30-ти летнего перерыва вновь была создана опорная сеть пунктов векового хода Украины и выполнен первый цикл компонентных геомагнитных наблюдений. Проведен первый цикл абсолютных компонентных измерений на сети ПВХ и редукция результатов измерений к середине 2010 года. Создан каталог измерений на сети ПВХ и проведены сравнения результатов с расчетами по аналитической модели IGRF [Максимчук и др., 2006, 2010; Maksymchuk et.al., 2012; Трегубенко и др., 2013]. Важность проведения работы трудно переоценить. Ведь предыдущая сеть ПВХ, которая была создана в начале 70-х годов XX века была фактически утрачена. Без функционирования опорной магнитной сети и проведения на ней периодических повторных измерений практически невозможно обеспечить проведение кондиционных магнитных съемок, построение приведенных к единому уровню карт компонент магнитного поля с различных участков и т.п.

Созданная сеть ПВХ органично вписалась в объединенную сеть ПВХ Европейского континента. Координирует работы на Европейской сети ПВХ рабочая группа MagNetE (Magnetic Network in Europe), которая была организована в 2003 году на конференции по этому вопросу в городе

Потсдам (Германия). Последним достижением MagNetE есть карта магнитного склонения территории Европы изданная в 2012 году CGMW при поддержке ЮНЕСКО [Duma et.al., 2012]. Украина как участник MagNetE также приняла участие в подготовке и издании этой карты.

По результатам работ первого этапа были получены опорные значения аномального магнитного поля на всей сети ПВХ и создан соответствующий каталог. Это позволило перейти к уплотнению опорной сети путем заложения пунктов 2-го класса, а также практически приступить к приведению результатов новейших магнитных съемок, которые хотя и в небольших объемах, все же проводятся в различных регионах Украины, к единому уровню.

В настоящее время в связи с необходимостью построения разномасштабных высокоточных магнитных карт, разработкой новых технологий прогнозирования полезных ископаемых и решения экологических проблем крайне остро стоит задача получения достоверной информации о нормальном магнитном поле и его долговременных изменениях – вековых вариациях. Для построения таких карт преимущественно используются данные магнитных обсерваторий и съемок на пунктах векового хода, на которых по специальной методике проводятся измерения всех составляющих магнитного поля Земли: H, Z, D, I, X, Y, В. [Orlyuk, 2001].

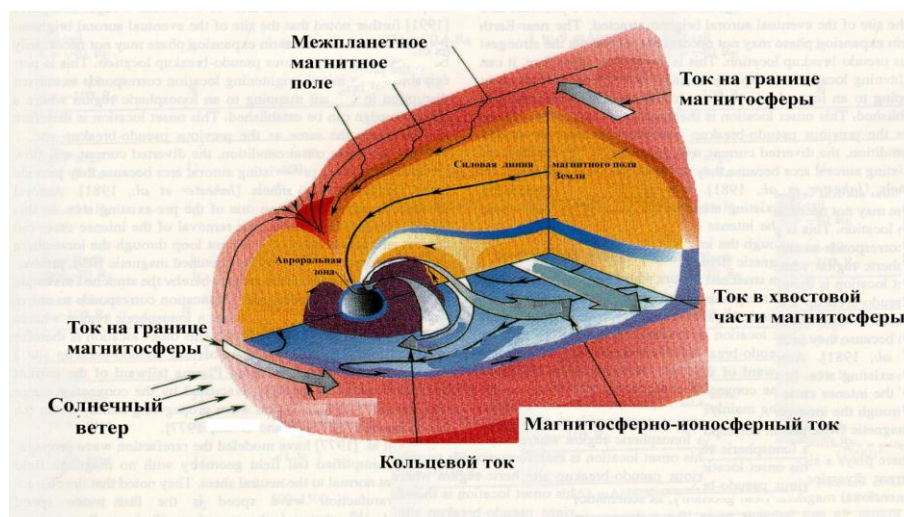
**1.2. Структура магнитного поля Земли.** Определение пространственно-временной структуры магнитного поля Земли (МПЗ) на ее поверхности и в ближнем космосе является крайне необходимым и актуальным, в связи с ее влиянием на характер прохождения процессов в магнитосфере и ионосфере, а также на механизмы и величину магнитных возмущений, которые рассматриваются как существенный экологический фактор [Орлюк, 2007; Orlyuk, 2007].

Как известно, форма магнитосферы Земли, которая формируется за счет суперпозиции полей от источников внутреннего и внешнего

происхождения, а также пространственного расположения процессов, которые протекают в магнитосфере и ионосфере (высота образования радиационных поясов, источников суточных вариаций и т.д.), зависит существенной мерой от величины МПЗ. Соответственно, магнитосфера Земли будет иметь разную форму и структуру, в зависимости от времени года, поскольку летом, например, поток солнечного ветра будет направлен на северное полушарие Земли, которое характеризуется значительными величинами магнитной индукции  $B$ , а весной – на экваториальную часть Земли с небольшими значениями магнитного поля. Следовательно, расчет величины МПЗ на поверхности Земли и разных высотах дает возможность оценить тот «геомагнитный фон» в котором, с одной стороны, протекают магнитосферно-ионосферные процессы, а с другой – определить степень геомагнитной возмущенности за счет солнечного ветра, магнитного поля Солнца и высокочастотного излучения в широком спектре частот.

### 1.2.1. Магнитосфера Земли.

Магнитосфера Земли – ближайшая к Земле область космического пространства, силовая магнитная оболочка планеты, природа которой обусловлена сложным взаимодействием внутреннего магнитного поля Земли, которое в первом приближении близко к полю диполя, солнечного ветра и межпланетного магнитного поля. Конфигурация суммарного геомагнитного поля и распределения плазмы в магнитосфере Земли изображена на рис.1.2.1.1.



### Рис.1.2.1.1. Магнитосфера Земли.

Граница магнитосферы представляет собой своеобразный фронт, где давление магнитного поля преобладает над давлением турбулентной плазмы солнечного ветра. Магнитные силовые линии на дневной стороне магнитосферы сдавливаются солнечным ветром к расстоянию  $7 \div 10 R_E$ , а на ночной стороне вытягиваются на  $20 \div 30 R_E$  и больше. Представленная на рис.1.2.1.1 магнитосфера является моментальным снимком. Реальная магнитосфера, ее форма, движение в ней заряженных частиц разных видов, распространение разнообразных волн, протекание электрических токов и т.д. проходит непрерывно. Существенные изменения происходят во время солнечных возмущений, когда на магнитосферу планеты налетают потоки солнечных заряженных частиц, под воздействием которых дневная сторона магнитосферы сжимается до  $3 \div 5$  земных радиусов, а в районах каспа происходит высыпание высокоэнергичных частиц в нижние слои атмосферы, определяя полярные сияния и нарушение радио, телеграфной связи и т.д.

Среди вариаций внешнего происхождения выделяются периодические и возмущенные. К периодическим относятся годовые, солнечно-суточные, лунно-суточные вариации и короткопериодные колебания (геомагнитные пульсации), период которых колеблется от долей секунды до десятков минут. Генерация пульсаций связана с развитием кинетических и гидродинамических неустойчивостей магнитосферной плазмы и плазмы солнечного ветра, а также с возбуждением резонансных процессов внутри магнитосферы [Яновский, 1978; Лайонс, Уильямс, 1987]. Характер колебательного режима электромагнитного поля Земли отображает изменение параметров радиационных поясов, особенного взаимодействия магнитосферы с солнечным ветром, изменение конфигурации плазмопаузы, структуры хвоста магнитосферы и др.

Из неперіодических, известны вариации под названием аперіодические возмущения и бухтообразные. Неперіодические вариации

происходят во время так называемых магнитных «штормов», когда в течение нескольких часов (а, порой, и суток) магнитограммы имеют зигзагоподобный вид. Иррегулярные пульсации всех видов также характерны для возмущенных условий в магнитосфере. По существу, пульсации составляют микроструктуру суббури и их генерация происходит в определенной последовательности развития суббури. Магнитные бури (штормы) связаны с солнечной активностью, поэтому определены 27-суточный (период вращения Солнца вокруг своей оси), 11-летние и 22-летние периоды солнечной активности, что проявляются в количестве (11-летние) и полярности (22-летние) солнечных пятен [Сергеев, Циганенко, 1975; Казимировский, 1990]. Согласно многолетним исследованиям, интенсивность периодических вариаций составляет первые десятки нанотесл, неперiodических (во время магнитных бурь) достигает первых сотен нанотесл.

Магнитные бури оказывают влияние на многие области деятельности человека, из которых можно выделить нарушения связи, систем навигации космических кораблей, возникновение поверхностных зарядов на трансформаторах, трубопроводах, разрушение энергетических систем, а также на здоровье и самочувствие человека.

Заметим, что влияние внешнего возмущенного поля изучено более удовлетворительно в сравнении с влиянием величины напряженности геомагнитного поля. Относительно влияния на человека в качестве возмущенных могут выступать также постоянные поля разнородных интенсивных источников.

### **1.2.2. «Гармоническое» и «не гармоническое» «экологическое» магнитное поле.**

Фундаментальная и прикладная геофизика достигли значительных успехов в изучении Земли как планеты в целом, в исследовании строения и эволюции ее отдельных оболочек, а также в прогнозировании необходимых для жизнедеятельности человечества ресурсов. Эти успехи связаны, в частности, с разработкой теории интерпретации гравитационных, магнитных

и электрических полей, построением соответствующих моделей планеты, мантии, литосферы, земной коры и т.д., а также с их геологической и прогностической интерпретацией [Орлюк, 2001]. Остановимся на проблеме влияния магнитного поля на биосистемы и человека, рассматривая магнитное поле в роли экологического фактора.

Решение этой задачи видится в определении нормальных (стабильных, базовых) и вариационных (сменных) составляющих, при которых определенный индивид (популяция, экосистема) могут существовать и развиваться, а также граничных значений величин, при которых развитие и существование их (биологических систем) является нестабильным или невозможным. С этой точки зрения нужно рассматривать поля как естественного, так и искусственного (антропогенного) происхождения.

Биологические объекты находятся в своеобразной вещественно-полевой среде, которая является исходной для их существования. Суть влияния геофизических неоднородностей Земли в целом и земной коры в частности на биологические объекты сводится к следующему: геофизические неоднородности (тела) являются носителями соответствующих полей и излучений. Носителями, приемниками и передатчиками полей являются также материальные биологические объекты в целом и человек, в частности. Соответственно, исследование механизмов взаимовлияния внешних геофизических факторов и биологических объектов может основываться на изучении качественных и количественных соотношений между их физическими полями.

Здесь, по-видимому, могут реализоваться две схемы: во-первых – непосредственное влияние геофизических полей на поля организма в целом и отдельных его органов в коротковолновом диапазоне благодаря наличию в их спектрах колебаний с одинаковыми или близкими длинами волн, во-вторых – приспособление к долговременным изменениям экологических полей путем усложнения и усовершенствования структурной организации живых систем, что со временем закрепляется в их генетической структуре.

При этом следует отметить, что первая схема реализуется непосредственно на индивидах, а другая – на популяциях, экосистемах и др.

Согласно с поставленной задачей в качестве *«гармонического»* (синоним - гармония, соответствие, согласованность) магнитного поля ( $B_{ГМ}$ ), следует считать сумму полей [Орлюк, 2001; Орлюк, Роменец, 2003]:

$$B_{ГМ} = B_{IGRF} + B_{Л} + B_{ВВ} + B_{Г} + B_{Сс} + B_{Лс} + B_{ПП}$$

где  $B_{IGRF}$  – нормальное поле;  $B_{Л}$  – поле литосферы;  $B_{ВВ}$  – поле вековых вариаций;  $B_{Г}$  – поле годовых вариаций;  $B_{Сс}$  – поле солнечно-суточных вариаций;  $B_{Лс}$  – поле лунно-суточных вариаций интенсивностью 10 – 40 нТл в зависимости от времени года;  $B_{ПП}$  – поле периодических пульсаций.

Приведенные поля, вариации и пульсации являются стабильными в пространстве и времени и изменяются вполне закономерно.

К *«не гармоническому»* (возмущенному) магнитному полю ( $B_{ВМ}$ ) относится сумма полей незначительных в пространстве магнитных неоднородностей литосферы (аномалии с длинами волн меньше 60 – 100 км, включительно с аномалиями антропогенного происхождения) и неустойчивых во времени непериодических вариаций и пульсаций внешнего происхождения:

$$B_{ВМ} = B_{ав} + B_{б} + B_{ир} + B_{ан}$$

где  $B_{ав}$  – поле вариаций аperiodических возмущений,  $B_{б}$  – поле бухтоподобных вариаций,  $B_{ир}$  – поле иррегулярных пульсаций,  $B_{ан}$  – постоянные и переменные поля антропогенных объектов (железные дороги, металлические и железобетонные мосты, столбы, предприятия, приборы и т.д.) интенсивностью от первых нанотесл до десятков и сотен тысяч нанотесл.

Следовательно, магнитное «экологическое» поле  $B_{э}$ , то есть магнитное поле, анализируемое с точки зрения его роли (и влияния) в качестве экологического фактора рассматривается как сумма гармонического и возмущенного полей:

$$B_{э} = B_{ГМ} + B_{ВМ}$$

где  $V_{ГМ}$  – гармоническое поле,  $V_{ВМ}$  – возмущенное поле.

Совместный анализ магнитного «экологического» поля с ритмами биосистем (молекулярный уровень – органы – организмы – популяции – экосистемы) свидетельствует, что в их спектрах присутствуют гармоника с одинаковыми периодами [Биоритмы, 1984; Николаев, Годин, 1983]. Логично предположить, что необходимыми для бытия и жизнедеятельности являются стабильные в пространстве и периодические во времени геофизические поля (гармонические), под влиянием которых сформированы жизненные ритмы всех уровней биосферы. Длиннопериодные изменения  $V_{ГМ}$  обуславливают эволюцию биосистем путем приспособления к новым геофизическим условиям, а короткопериодные возмущения  $V_{ВМ}$  – резкие изменения в жизнедеятельности индивидов (популяций) через влияние на отдельные их органы (индивиды).

Исследование влияния «гармонических» полей на человека практически не изучалось вообще, а касательно «возмущенных» – имеется много работ по изучению влияния переменных полей внешнего происхождения на биологические объекты [Гарецкий, Каратаев, 1995; Агаджанян и др., 2001; Бардак и др., 2003; Билобров и др., 1993; Бугримов и др., 2000; Григорьев, 1995], но они не систематизированы относительно влияния разноволновых и разноинтенсивных компонент.

Далее детальнее рассмотрим внутреннее поле Земли и его нормальную компоненту, как основную составляющую гармонического поля в связи с использованием этой компоненты при оценке и прогнозе пространственно-временной возмущенности МПЗ.

### **1.2.3. Внутреннее магнитное поле Земли.**

Наблюдаемое на поверхности Земли магнитное поле  $V$  является суммой нескольких полей, имеющих различные причины [Яновский, 1978; Тяпкин, Довбнич, 2009]:

$$V = V_{IGRF} + V_a + V_b + \delta V$$



где  $\mathbf{V}_{IGRF}$  – нормальное (главное) поле Земли, которое генерируется процессами в жидком ядре и на границе с мантией, и которое определяет глобальную пространственную и временную структуру поля планеты;  $\mathbf{V}_a$  – аномальное магнитное поле (поле литосферы), обусловленное, в основном, намагниченностью пород;  $\mathbf{V}_b$  – внешнее поле, обусловленное влиянием солнечного и космического излучения, магнитных полей Солнца и околоземного пространства;  $\delta\mathbf{V}$  – поле вариаций.

Внутреннее магнитное поле Земли состоит из нормальной и аномальной составляющих:

$$\mathbf{V}_{\text{вн}} = \mathbf{V}_{IGRF} + \mathbf{V}_a.$$

*Аномальное магнитное поле.* Наиболее общее, но достаточно полное представление о характере аномального магнитного поля для планеты в целом, а также отдельных ее регионов, дает карта аномального магнитного поля Земли на высоте 5 км (The Magnetic Anomaly Map of the Worlds) [Eos, Vol. 88, No. 25, 19 June 2007], составленная на основании обобщения аэромагнитных, наземных, наводных, спутниковых и профильных наблюдений, выполненных на протяжении предыдущих 50 лет (рис.1.2.3.1). Данная карта была представлена в 2007 г. на совещании Международного союза геодезии и геофизики в Италии и опубликована под эгидой ЮНЕСКО. Магнитные аномалии (с интенсивностью в сотни и редко – тысячи нанотесл), с длинами волн  $< 2600$  км, представленные на этой карте,

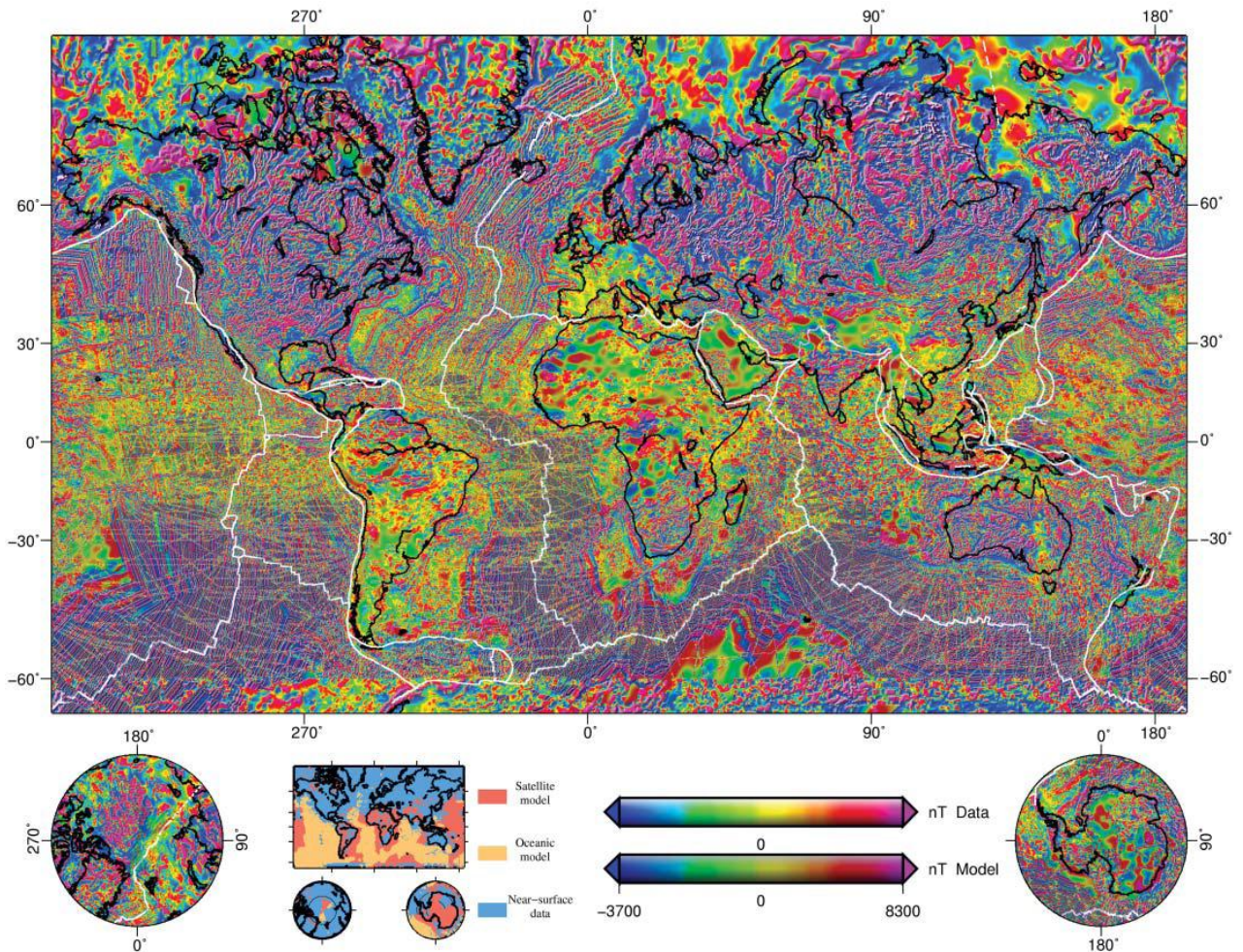


Рис.1.2.3.1. Карта магнитных аномалий Земли. Аномальное поле представлено на высоте 5 км. Цветовая шкала – интенсивность аномалий в нанотеслах (от отрицательных (синий) до положительных (фиолетовый)). Белыми линиями на карте показаны срединно-океанические хребты, разломы и зоны субдукции.

отображают магнитную неоднородность земной коры и, возможно, верхов мантии. Карта магнитных аномалий Земли позволяет использовать ее для мелкомасштабного районирования геомагнитного поля, выделения геологических структур I ранга (плиты, платформы, срединно-океанические хребты, зоны субдукции), зон их сочленения, а также выделения и качественного анализа более крупномасштабных структур (блоки, рифты, зоны тектоно-магматической активизации) в их пределах. «Украинский фрагмент» этой карты представлен данными с карты аномального магнитного поля  $(\Delta T)_a$  России и сопредельных государств (в границах

бывшего СССР), изданной в 2000 г. под редакцией Т. В. Литвиновой [Карта..., 2000].

Аномальное магнитное поле очень дифференцировано и состоит из региональной и локальной компонент, отличающихся поперечными размерами аномалий и глубиной их источников. С использованием спектрального анализа выделены литосферные аномалии, которые характеризуются длинами волн  $1500 \div 2500$ ,  $500 \div 700$ ,  $250 \div 300$ ,  $100 \div 200$ ,  $40 \div 80$ ,  $18 \div 24$ ,  $12 \div 15$ ,  $5 \div 7$  км и интенсивностью от 200 до 800 нТл [Колесова и др., 1982]. Уникальные аномалии типа Курских и Криворожских (с длинами волн  $12 \div 40$  км и больше) имеют интенсивность близкую к интенсивности нормального поля Земли.

По результатам детальных съемок определены аномалии с длинами волн около 2 км, 670, 220, 76, 24, 8,  $2 \div 3$  м и др. [Букович и др., 1991; Крутиховская и др., 1982; Карта аном.поля..., 1974]. Такие же длины волн (с интенсивностью аномалий от первых до десятков тысяч нанотесл) может иметь и антропогенная составляющая, обусловленная различными промышленными объектами.

Кроме пространственной неоднородности геомагнитного поля по палеомагнитным и археомагнитным данным определены его существенные временные изменения [Бахмутов, 2006]. В частности, достоверно установлены изменения главного поля Земли с периодами  $20 \div 50$  млн. лет (режим стойкости поля одной полярности) и  $200 \div 250$  млн. лет (изменение характера инверсионного поля) [Третьяк, 1996]. Закономерное изменение геомагнитного поля наблюдается для последних 100 тыс. лет. Для интервала  $60 \div 46$  тыс. лет наблюдается относительный максимум, а для интервала  $45 \div 25$  тыс. лет – минимум, когда напряженность геомагнитного поля достигала  $0,3 \div 0,4$  ее современной величины. 7000 лет назад индукция геомагнитного поля отвечала современной ее величине В, 6000 лет – 0,5 В, 4000 – 1,0 В,  $1500 \div 1000$  – 1,4 В. На основании обсерваторных и археомагнитных исследований определен дискретный характер спектра вековых вариаций 22,

50 ÷ 70, 120, 180, 350, 500 ÷ 600, 1000, 7000 ÷ 8000 лет [Петрова, 2000]. За последние сто лет магнитный момент Земли уменьшился на 5% и продолжается уменьшаться по настоящее время.

*Пространственно-временная характеристика главного магнитного поля Земли  $V_{IGRF}$ .*

Отдельно остановимся на характеристике нормального поля Земли ( $V_{IGRF}$ ), его вековом ходе, в связи с использованием этой компоненты в дальнейшем при оценке и прогнозе пространственно-временной возмущенности МПЗ.

Главное магнитное поле Земли (ГМПЗ) состоит из дипольной (первые три члена разложения сферического гармонического ряда) и недипольной частей и принимается за нормальное поле относительности Земли  $V_{IGRF}$  при выделении аномальной компоненты, связанной с литосферой. Большой прогресс в изучении общей структуры магнитного поля Земли и разработке его моделей, как в целом, так и отдельных компонент, связывается с длительными наземными наблюдениями в магнитных обсерваториях и особенно проведением специальными спутниками POGO (400 ÷ 1510 км), Magsat (325 ÷ 550 км), Orsted (650 ÷ 850 км), CHAMP (350 ÷ 450 км) скалярных и векторных съемок индукции магнитного поля Земли  $V$  [Mandea, Purucker, 2005; Maus, 2006, 2007; Olsen, 2007]. Первые наблюдения магнитного поля Земли из космоса были выполнены в СССР в 1958 – 1964 гг. (Sputnik 3, Cosmos 26, Cosmos 49), но масштабы и точность наблюдений были недостаточные для глобального описания магнитного поля Земли.

В мировой практике последних десятилетий широкое применение нашли модели нормального (главного) магнитного поля  $V_{IGRF}$ , которые базируются на разложении поля в ряд по сферическим функциям [Chulliat et.al., 2015a, 2015b]. Модели, построенные на основе синтеза сферическо-гармонических функций, достаточно детально и во многих случаях с достаточной точностью описывают пространственное распределение

нормального магнитного поля на поверхности Земли [Павлюк, 2011; Почтарев, Эфендиева, 1985].

Стандартное приближение главного магнитного поля принято как Международное эталонное геомагнитное поле – МEGП (IGRF – International Geomagnetic Reference Field), или МАП – международное аналитическое поле. Для моделей IGRF 1990 ÷ 1995 гг., 2000 ÷ 2005 гг. и 2005 ÷ 2015 гг. длина сферического ряда для поля составляет  $n = m = 10-13$  [Maus, 2009; Purucker, 2011, ]. Для построения моделей IGRF используются результаты комплексных геомагнитных наблюдений всех стран мира.

В настоящее время разработана 12 модификация геомагнитного поля IGRF (таблица 1.2.3.1), но для расчетов была использована 11 модификация компонент магнитного поля для планеты в целом и для территории Украины.

Действующая модель IGRF-11 описывает на основе ряда Гаусса с количеством гармоник  $n = m = 13$  главное магнитное поле и его вековой ход  $\delta B$  ( $n = m = 10$ ) на период 2000 ÷ 2015 гг., позволяет проводить точные и прогнозные расчеты магнитного поля для эпох 1945 ÷ 2015 года, включает в себя достоверные предварительные результаты для 2010 года и экстраполяцию с 2010 до 2015 года.

Таблица 1.2.3.1

Модели IGRF, разработанные Международной Ассоциацией  
Геомагнетизма и Аэрoнoмии (IAGA).

Полное название	Абревиатура	Действительное для	Суммарное для
IGRF 12 <sup>th</sup> generation (revised 2015)	IGRF-12	1900.0-2020.0	1945.0-2020.0
IGRF 11 <sup>th</sup> generation (revised 2010)	IGRF-11	1900.0-2015.0	1945.0-2015.0
IGRF 10 <sup>th</sup> generation (revised 2005)	IGRF-10	1900.0-2010.0	1900.0-2010.0
IGRF 9 <sup>th</sup> generation (revised 2003)	IGRF-9	1900.0-2005.0	1945.0-2000.0
IGRF 8 <sup>th</sup> generation (revised 1999)	IGRF-8	1900.0-2005.0	1945.0-1990.0
IGRF 7 <sup>th</sup> generation (revised 1995)	IGRF-7	1900.0-2000.0	1945.0-1990.0
IGRF 6 <sup>th</sup> generation (revised 1991)	IGRF-6	1945.0-1995.0	1945.0-1985.0
IGRF 5 <sup>th</sup> generation (revised 1987)	IGRF-5	1945.0-1990.0	1945.0-1980.0
IGRF 4 <sup>th</sup> generation (revised 1985)	IGRF-4	1945.0-1990.0	1965.0-1980.0
IGRF 3 <sup>rd</sup> generation (revised 1981)	IGRF-3	1965.0-1985.0	1965.0-1975.0
IGRF 2 <sup>nd</sup> generation (revised 975)	IGRF-2	1955.0-1980.0	-
IGRF 1 <sup>st</sup> generation (revised 1969)	IGRF-1	1955.0-1975.0	-

Для решения поставленных в работе задач были сгенерированы цифровые массивы и построены цифровые карты  $V_{IGRF}$  для всего земного шара. Расчет  $V_{IGRF}$  был выполнен в режиме on-line с интервалом  $5^\circ \times 5^\circ$  по долготе и широте (в рамках разумного компромисса между размерами территории и детальностью исследований) с использованием программного обеспечения агентства NASA [DGRF-IGRF Geomagnetic Field Model 1945 – 2015].

С использованием рассчитанных массивов данных построены карты  $V_{IGRF}$  для эпох 1950, 2000, 2005, 2010, 2012 гг. Это позволило проследить динамику поля за 62 года и сделать выводы об изменении величины нормальной компоненты в целом.

В соответствии с расчетами на поверхности планеты максимальные значения главного магнитного поля Земли  $V_{IGRF}$  для 1950, 2000, 2010, 2012 гг. характерны для отрицательного магнитного полюса ( $V_{IGRF,1950} = 69000$  нТл,  $V_{IGRF,2000} = 67100$  нТл,  $V_{IGRF,2010} = 66966$  нТл,  $V_{IGRF,2012} = 66959$  нТл), расположенного вблизи Северного географического полюса Земли, а минимальные – для приэкваториальных областей Южной Атлантики (так называемая Южно-Атлантическая аномалия) ( $V_{IGRF,1950} = 24500$  нТл,  $V_{IGRF,2000} = 22900$  нТл,  $V_{IGRF,2010} = 22590$  нТл,  $V_{IGRF,2012} = 22530$  нТл) (рис.1.2.3.2; 1.2.3.3; 1.2.3.4; 1.2.3.5).

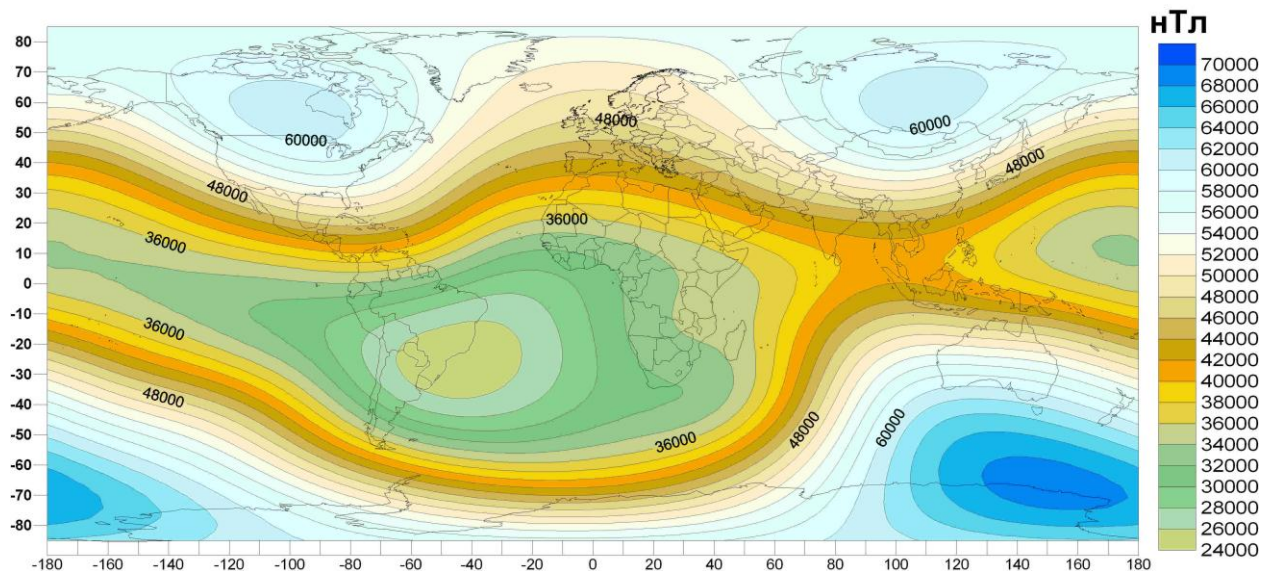


Рис.1.2.3.2 Главное магнитное поле Земли  $V_{IGRF}$  на эпоху 1950 г.

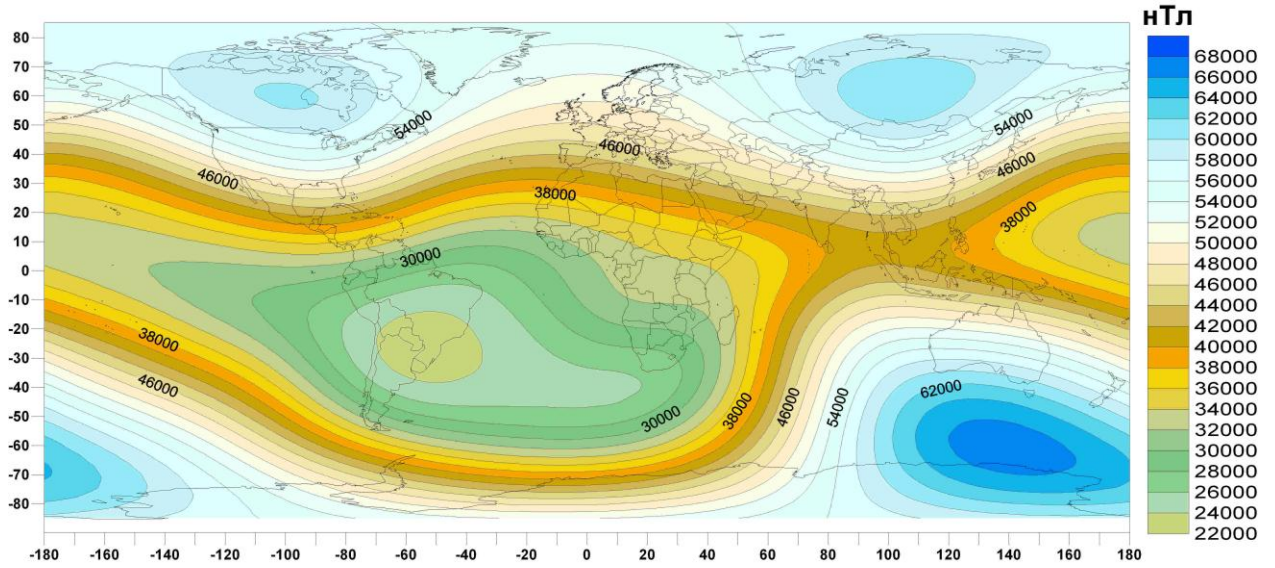


Рис.1.2.3.3 Главное магнитное поле Земли  $V_{IGRF}$  на эпоху 2000 г.

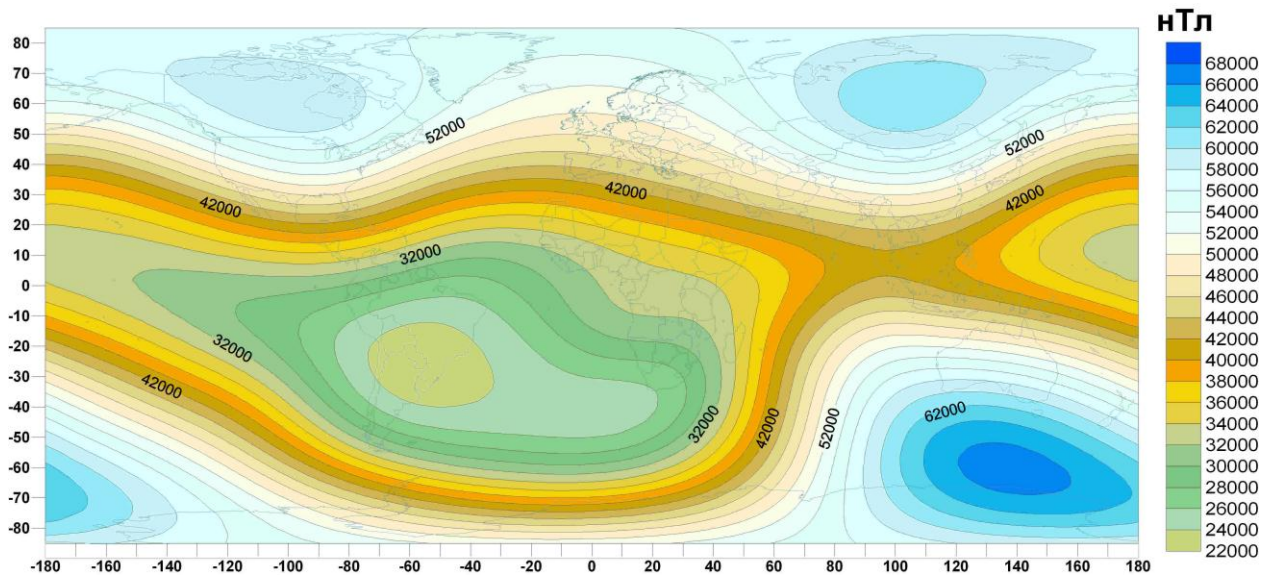


Рис.1.2.3.4 Главное магнитное поле Земли  $V_{IGRF}$  на эпоху 2010 г.

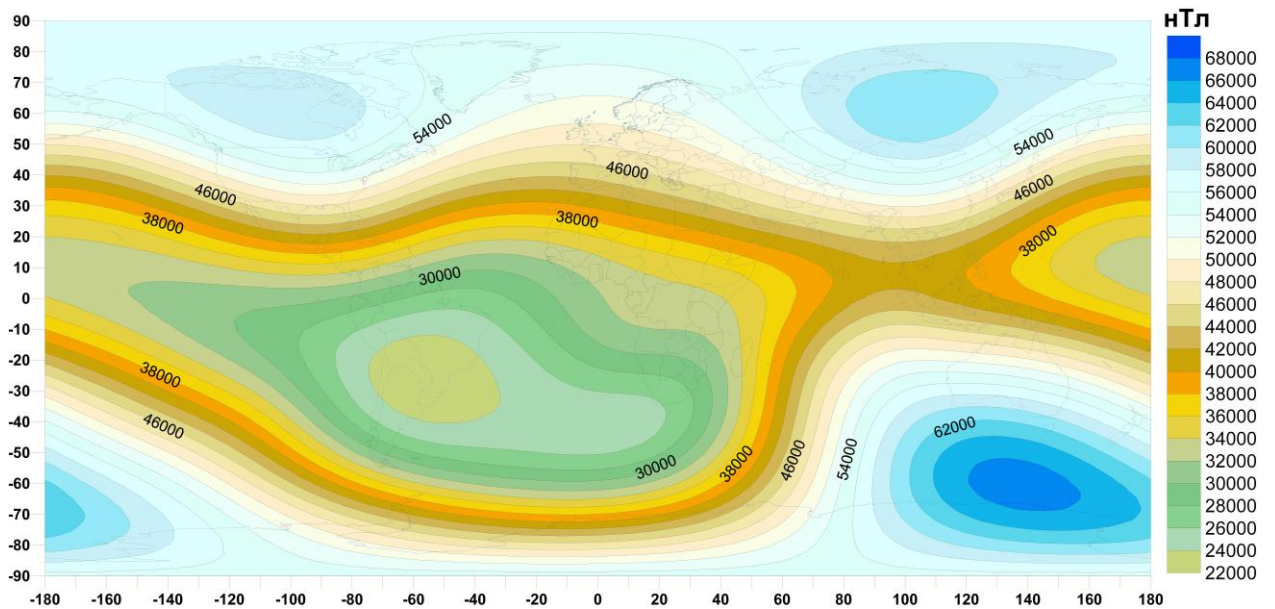


Рис.1.2.3.5 Главное магнитное поле Земли  $V_{IGRF}$  на эпоху 2012 г.

За период с 1950 по 2012 гг. среднее значение  $V_{IGRF}$  на поверхности планеты уменьшилось на 1516 нТл (с 47300 нТл до 45784 нТл) или на 3,2% (рис.1.2.3.6).

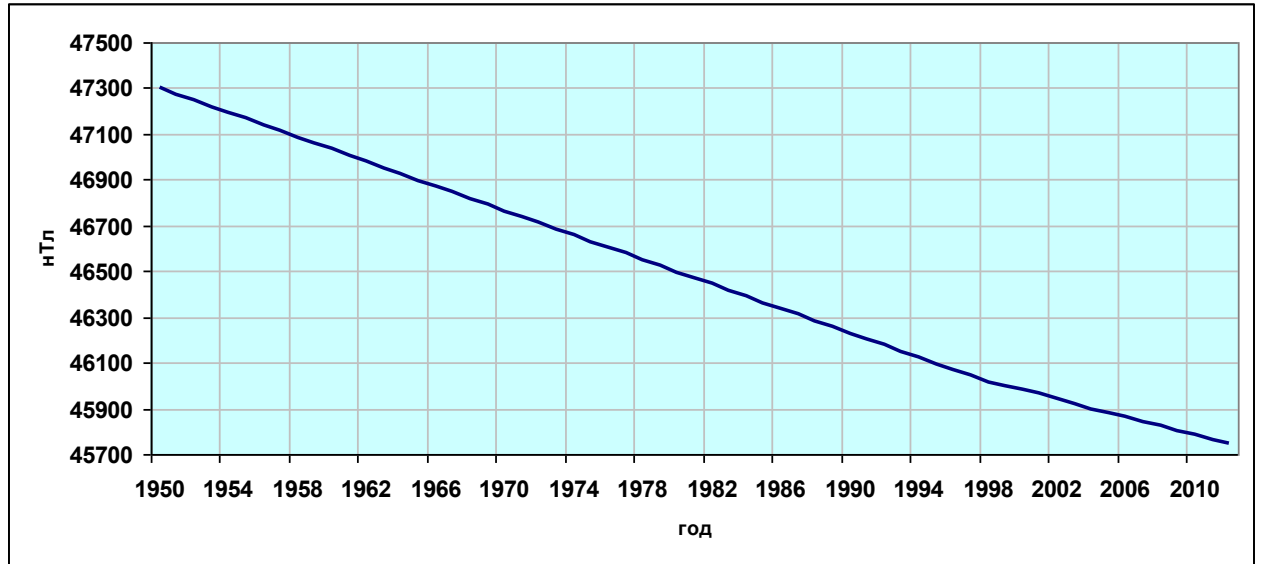


Рис.1.2.3.6 Изменение среднего значения  $V_{IGRF}$  на поверхности Земли за период 1950 – 2012 гг. (расчеты с использованием [<http://omniweb.gsfc.>]).

На фоне общего уменьшения магнитного поля планеты выделяются области с экстремальными величинами его изменения. Максимумы уменьшения поля с 1950 г. по 2000 г. ( $-5500$ ) ÷ ( $-6500$ ) нТл ( $-110$  ÷  $-130$  нТл/год) располагаются вблизи Атлантического побережья Центральной Америки ( $18^{\circ}$ СШ;  $-65^{\circ}$ ЗД), а также между Африкой и Антарктидой ( $-50^{\circ}$ ЮШ;  $10^{\circ}$ ВД). Максимумы увеличения поля (2000 нТл) ( $+40$  нТл/год) характерны для Европы ( $60^{\circ}$ СШ;  $30^{\circ}$ ВД) и Индийского океана ( $30^{\circ}$ ЮШ;  $80^{\circ}$ ВД) (см. рис. 1.2.3.7).



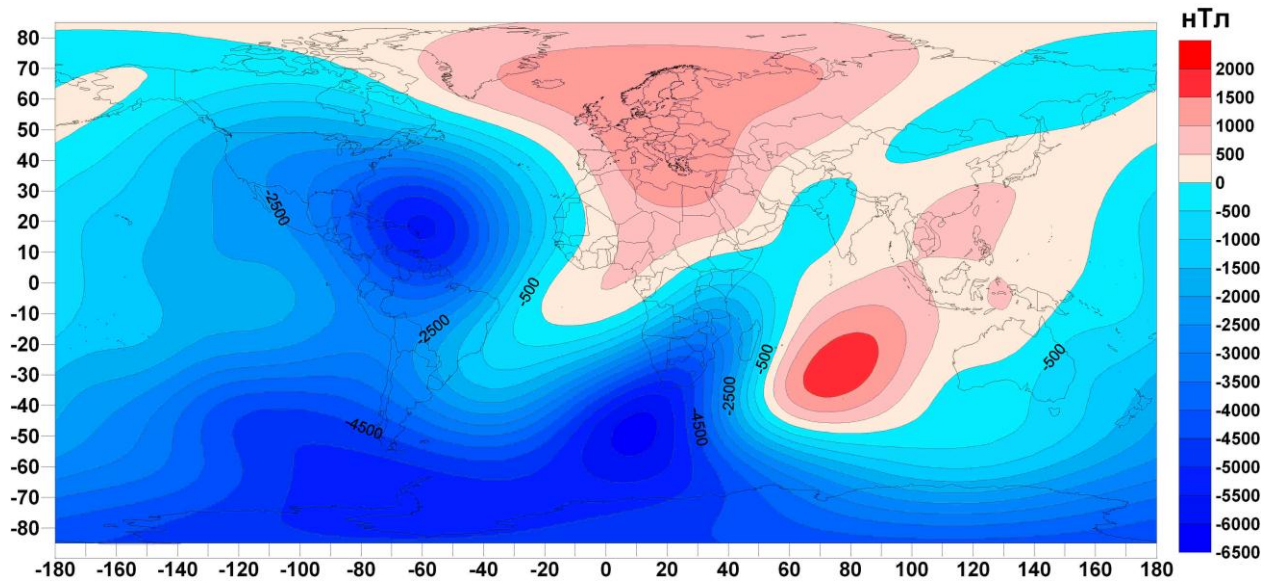


Рис.1.2.3.7 Вековой ход магнитного поля  $V_{IGRF}$  за 50 лет (2000 – 1950 гг.)

В 2000 – 2010 гг. область максимального уменьшения поля ( $-1400$  нТл;  $-140$  нТл/год) переместилась в район Мексиканского залива ( $30^{\circ}$ СШ;  $-80^{\circ}$ ЗД), а максимально поле увеличилось ( $1150$  нТл,  $+115$  нТл/год) в районе Индийского океана юго-восточнее о. Мадагаскар ( $25^{\circ}$ ЮШ;  $60^{\circ}$ ВД) (рис.1.2.3.8).

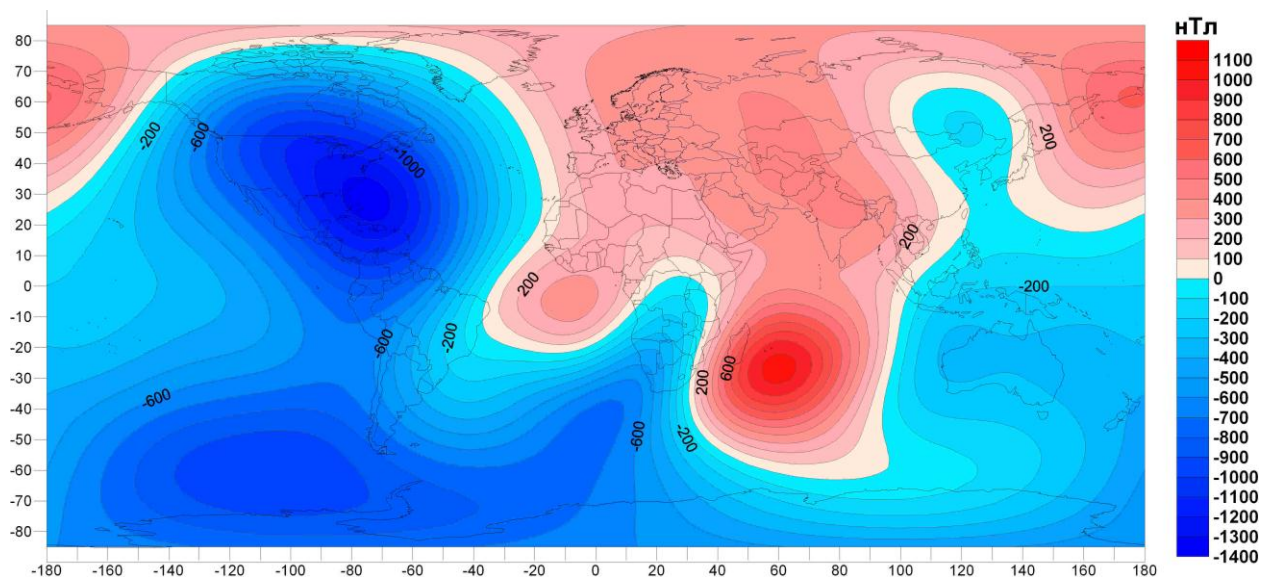


Рис.1.2.3.8 Вековой ход магнитного поля  $V_{IGRF}$  за 10 лет (2010 – 2000 гг.)

За два года (2010 – 2012 гг.) вековой ход геомагнитного поля остается таким же, хотя его изменение немного уменьшилось (рис.1.2.3.9). В частности с 2010 г. по 2012 г. в области минимума интенсивность поля

уменьшилась на 260 нТл ( $-130$  нТл/год), а в области максимума увеличилось на 220 нТл ( $+110$  нТл/год).

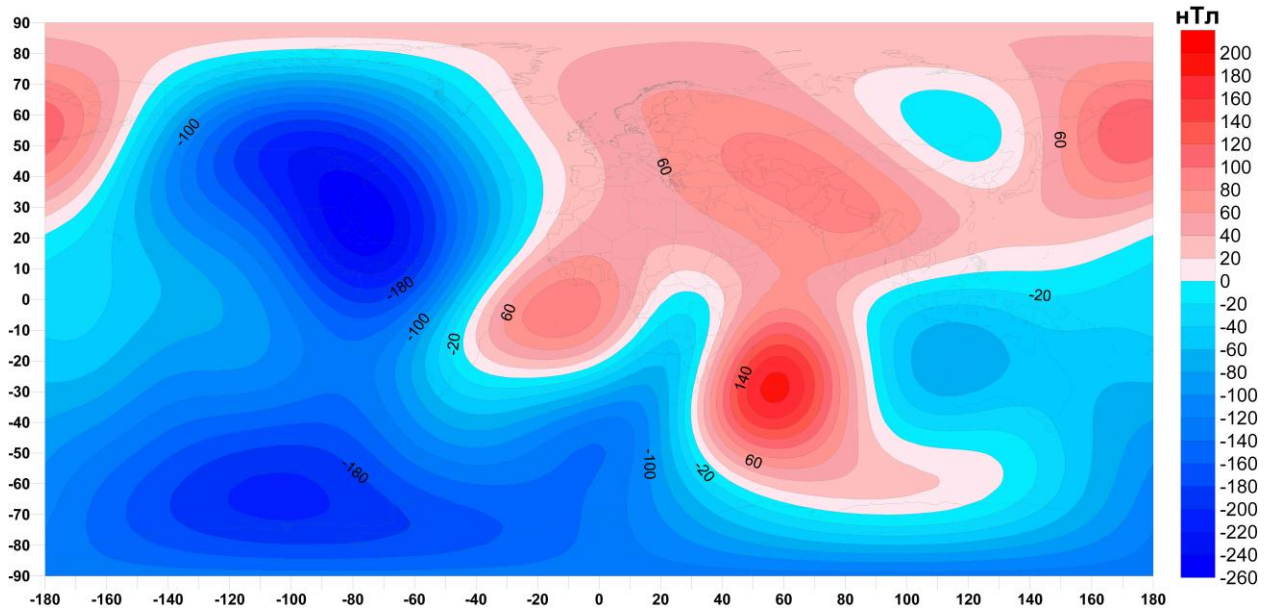


Рис.1.2.3.9 Вековой ход магнитного поля  $V_{IGRF}$  за 2 года (2012 – 2010 гг.)

При изучении пространственной структуры векового хода поля  $V_{IGRF}$  для небольших территорий (в дальнейшем – для территории Украины) крайне важна информация о региональных и даже глобальных особенностях этого параметра. В связи с этим автором проанализирована структура векового хода магнитного поля  $V_{IGRF}$  для территории всего земного шара с использованием международной модели IGRF-11. Как можно увидеть на приведенных картах векового хода  $V_{IGRF}$  (рис. 1.2.3.8; 1.2.3.9) наблюдаются интенсивные аномалии (фокусы), которые формируют характер поля SV на территории Украины.

В поле  $\delta V_{IGRF}$  в указанный период наблюдается глобальный фокус SV с эпицентром в районе Северной Индии и Средней Азии, где вековой ход достигает в эпицентре  $+40$  нТл/год (рис. 1.2.3.9). Другой фокус SV в настоящее время продолжает свое существование в районе Юго-Восточной Америки-Атлантики, в эпицентре которого вековой ход  $\delta V_{IGRF}$  достигает до  $50$  нТл/год.

*Главное магнитное поле Земли в ближнем космосе.* Наряду с анализом пространственно-временной структуры геомагнитного поля на поверхности

планеты рассмотрим некоторые особенности его поведения в ближнем космосе [Орлюк, 2011]. С этой целью выполнен расчет  $V_{IGRF}$  (по сети  $5^\circ \times 5^\circ$ ) на высоты до 2000 км, с шагом 500 км (рис.1.2.3.10), а также оценены затухания поля с высотой по сети  $10^\circ \times 10^\circ$  до высоты 30000 км.

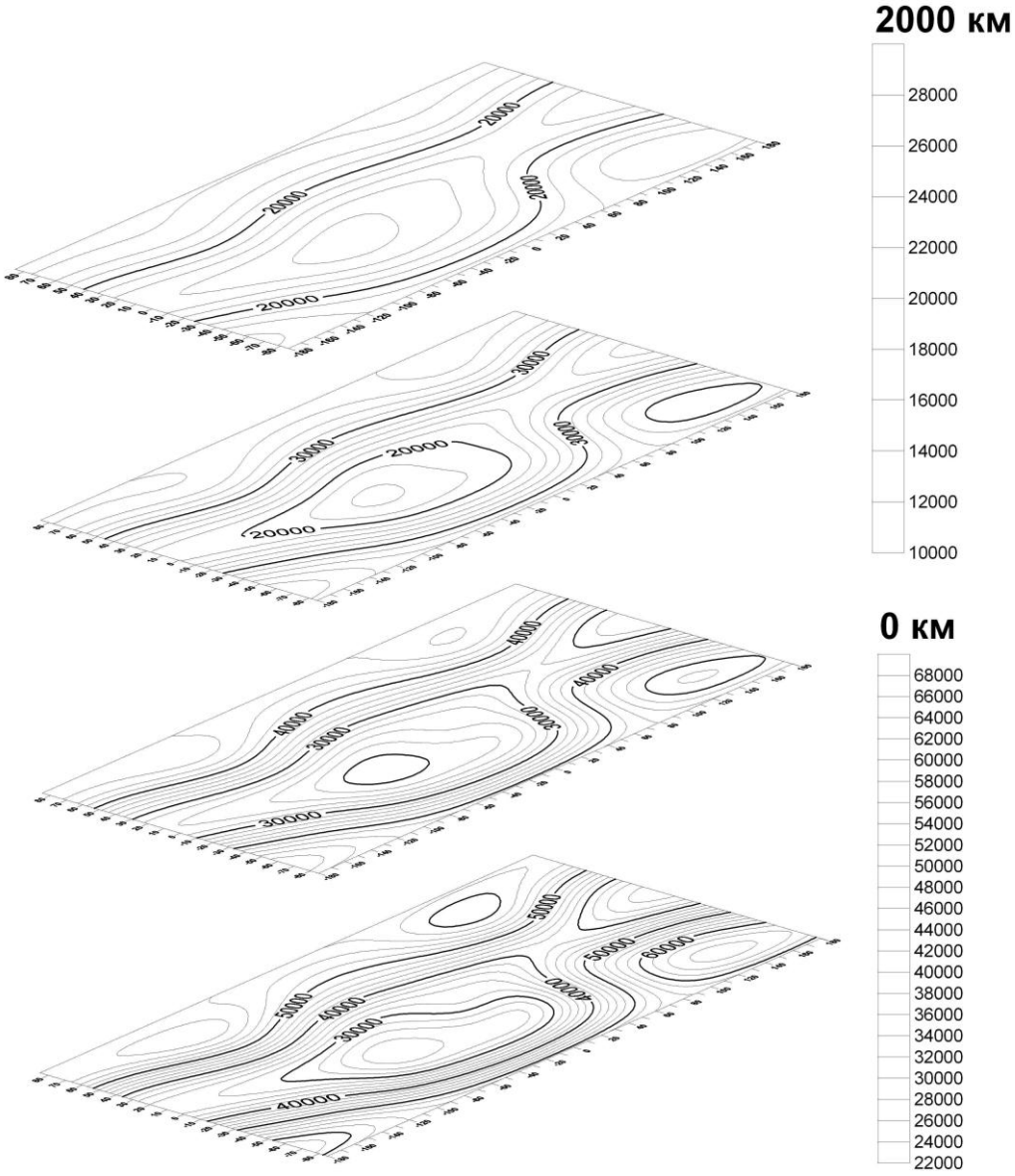


Рис.1.2.3.10. Интенсивность  $V_{IGRF}$  на эпоху 2010 г. на высотах 0 – 500 – 1000 – 2000 км [DGRF-IGRF Geomagnetic Field Model 1945 – 2015].

На высоте полета спутников 300 – 1000 км значение  $V_{IGRF}$  уменьшаются на  $10 \div 30\%$  в областях максимумов и на  $7 \div 10\%$  – в областях минимумов на поверхности Земли. Согласно результатам расчетов для 2010 года, приведенных на рис.1.2.3.10 на высоте 2000 км интенсивность поля

изменяется в пределах  $10000 \div 28000$  нТл, то есть уменьшается более чем в два раза по сравнению со значениями на поверхности. Аналогичные расчеты поля на 2012 г. на высоты 5000 км и 10000 км также свидетельствует о существенном уменьшении поля с высотой.

В целом структура магнитного поля на поверхности Земли в том или ином виде сохраняется до высот 30000 км, а интенсивность составляет, например  $V_{IGRF} = 850 \div 1260$  нТл на высоте 12000 км и  $V_{IGRF} = 170 \div 250$  нТл на высоте 30000 км. (Рис.1.2.3.11.).

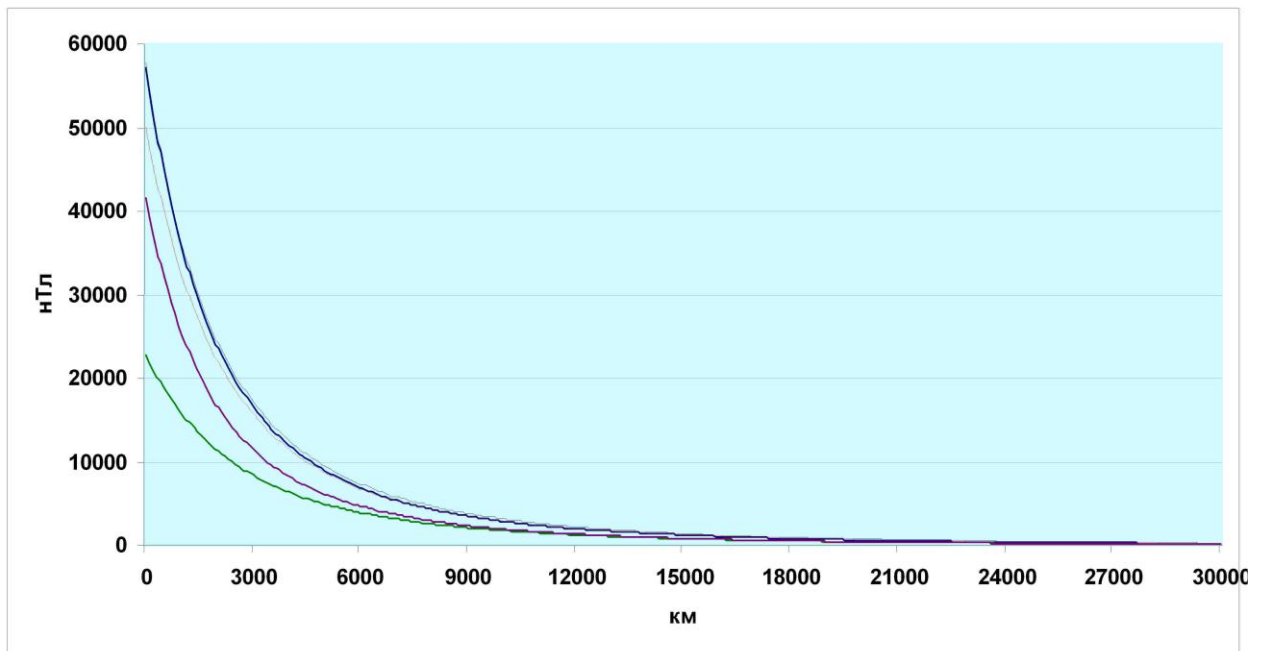


Рис.1.2.3.11. Характер затухания поля  $V_{IGRF}$  с высотой в зависимости от его величины на поверхности Земли.

С использованием массива числовых данных магнитного поля в ближнем космосе, была построена серия повысотных карт, на которых приведены изолинии поверхностей с одинаковыми значениями  $V_{IGRF}$ . Для этого из массива данных выбирались высоты, значение поля на которых близки или равны по интенсивности. В качестве примера на рис.1.2.3.12 на эпоху 2010 г. приведена карта высот с изолинией поля  $V_{IGRF} = 20000$  нТл.

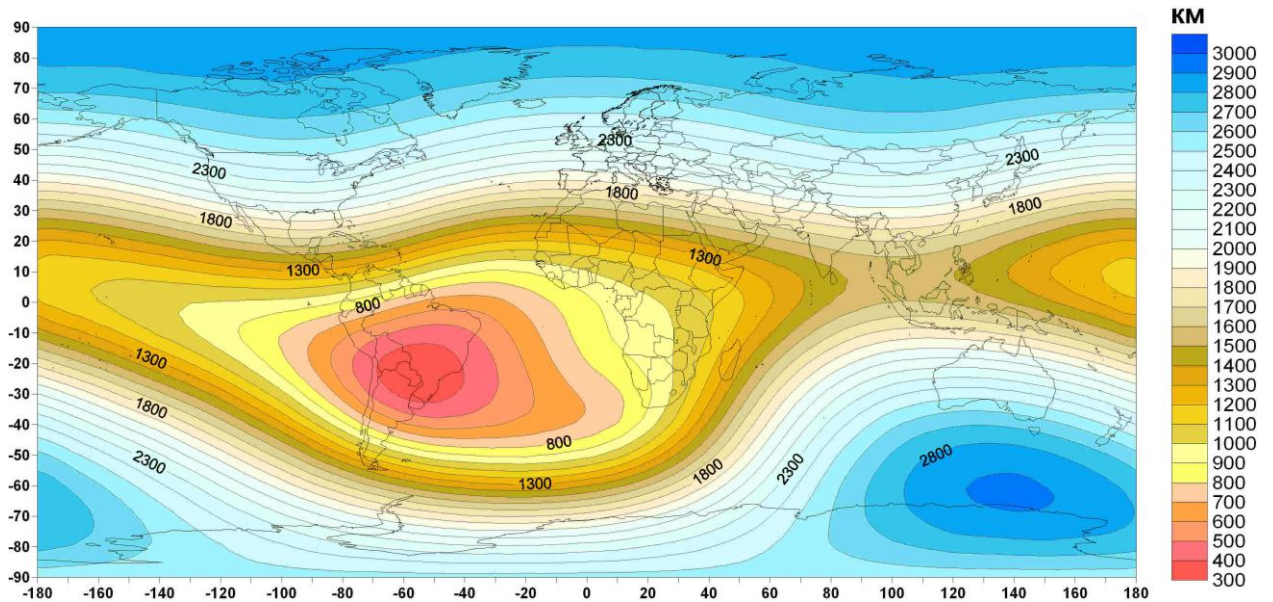
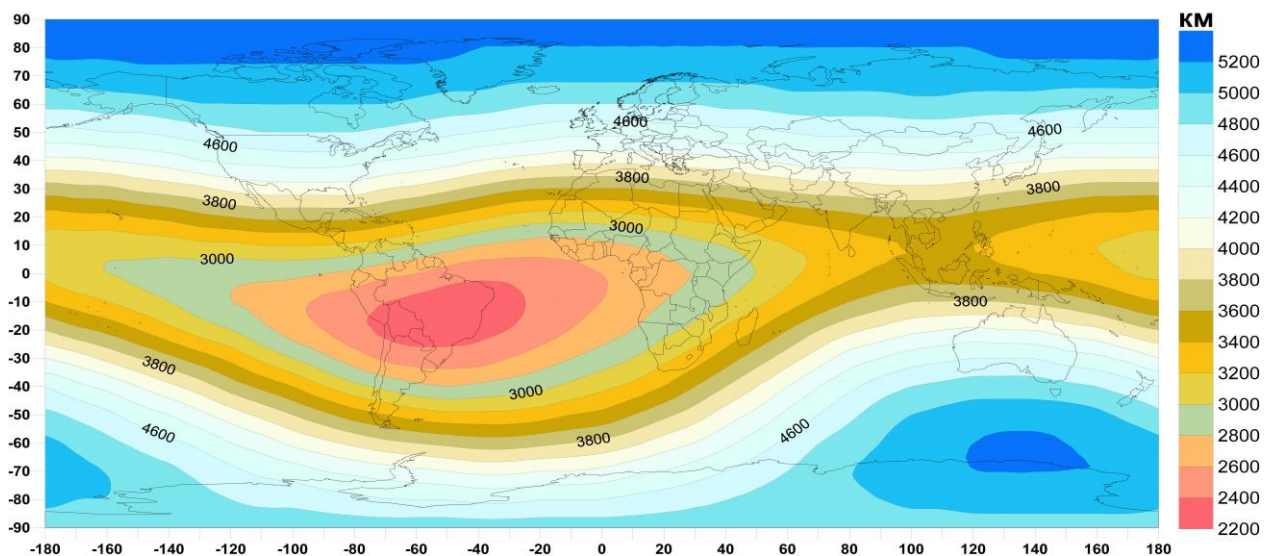


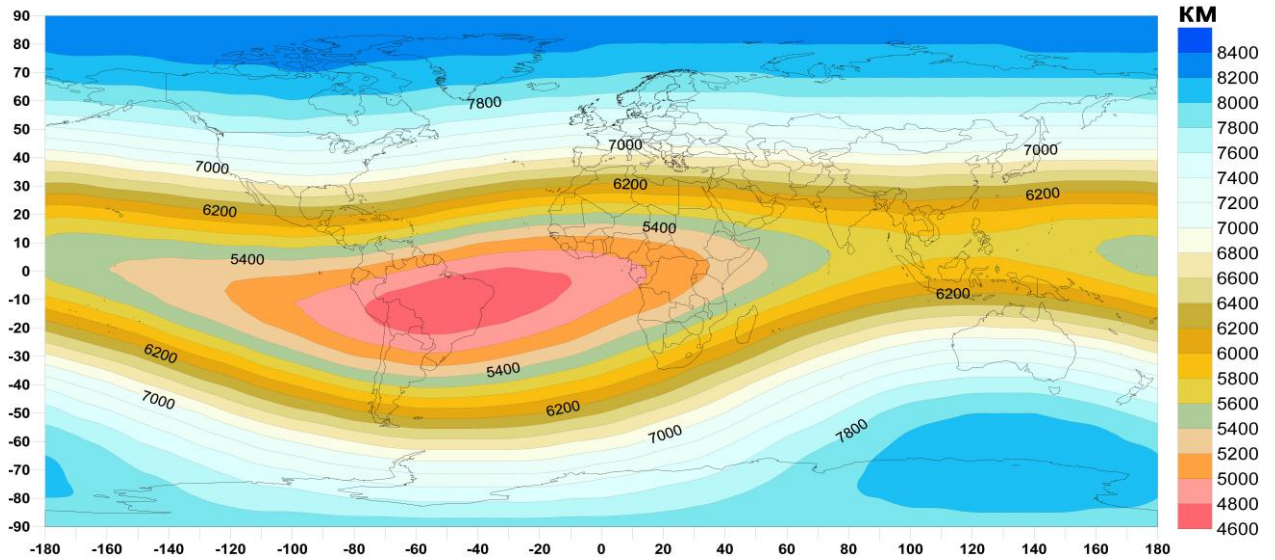
Рис.1.2.3.12. «Эквипотенциальная поверхность» с величиной поля  $V_{IGRF} = 20000$  нТл.

Как видно из рис.1.2.3.12 высота «эквипотенциальной поверхности» с интенсивностью магнитного поля  $V_{IGRF} = 20000$  нТл меняется в долготном направлении от 350 км в районе центральной части Южной Америки (область Южно-Атлантической аномалии) до 1600 ÷ 2200 км в районе Индонезии и Австралии.

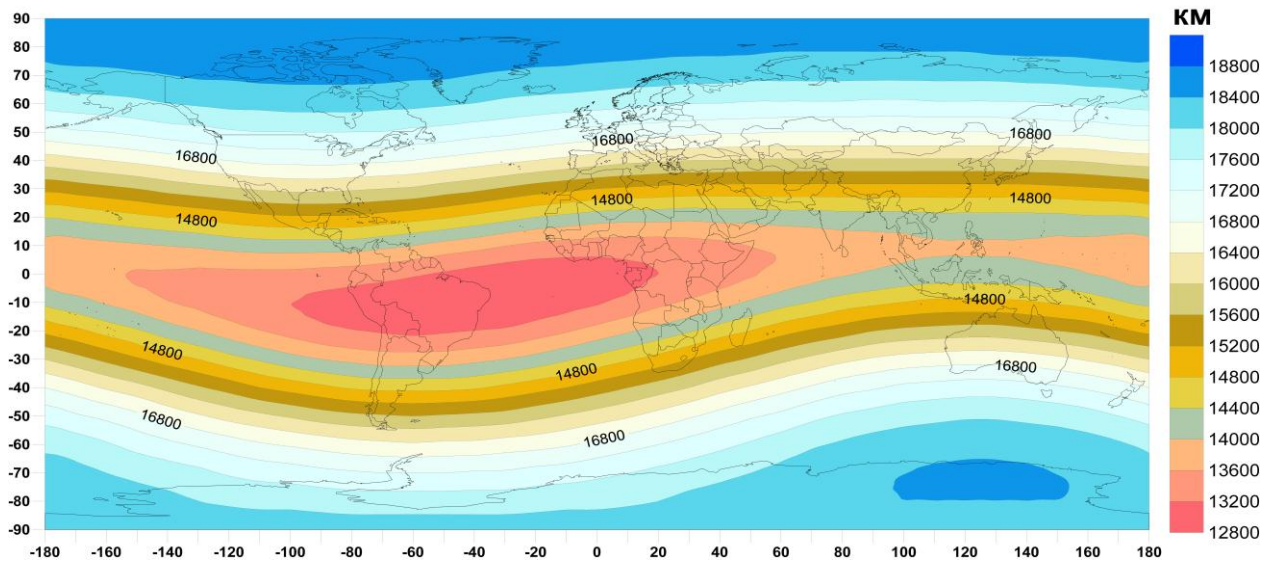
На эпоху 2012 г. рассчитаны «эквипотенциальные поверхности» с интенсивностью магнитного поля  $V_{IGRF} = 10000, 5000, 1000$  нТл (Рис.1.2.3.13).



а



б



в

Рис.1.2.3.13. «Эквипотенциальные поверхности» с интенсивностью магнитного поля  $V_{IGRF} = 10000$  нТл (а),  $V_{IGRF} = 5000$  нТл (б),  $V_{IGRF} = 1000$  нТл (в).

Как можно видеть, наблюдается некоторое уменьшение перепада высот, на которых рассчитанное поле характеризуется одинаковыми значениями. В частности, изолиния с полем  $V_{IGRF} = 10000$  нТл характеризуется высотами  $H = 2200 \div 5600$  км,  $V_{IGRF} = 5000$  нТл – высота  $H = 4600 \div 8500$  км, а  $V_{IGRF} = 1000$  нТл –  $H = 12800 \div 18860$  км.

Несмотря на некоторое упрощение «поведения» изолиний, согласно расчетам, различия в поле будут сохраняться и на больших высотах, и это будет сказываться на глубине проникновения в нижнюю атмосферу Земли части высокоэнергетических частиц, что может приводить к сбоям в работе космической аппаратуры уже на высотах более 100 км [Heirtzler et al., 2002].

Уменьшение главного магнитного поля  $V_{IGRF}$  на поверхности Земли естественно сопровождается соответствующим уменьшением его с высотой. В связи с этим эквипотенциальные поверхности со временем будут приближаться к поверхности Земли. Это будет обуславливать автоматическое уменьшение размеров магнитосферы, и, соответственно, высоты и характера протекания тех или иных процессов, связанных с магнитосферой.

Будет также меняться характер взаимодействия магнитосферы с межпланетным магнитным полем, величина которого на границе с магнитосферой имеет в среднем величину 7 нТл, но может меняться в связи с солнечной активностью в пределах  $0,7 \div 70$  нТл. Характер взаимодействия будет определяться структурой главного магнитного поля Земли в месте встречи межпланетного возмущения, в связи с вышеизложенным, сезоном года с одной стороны и направлением межпланетного магнитного поля - с другой.

В итоге пространственно-временная картина главного магнитного поля свидетельствует о существенной неоднородности его спектра во времени и пространстве, что, в свою очередь, не может не обуславливать сложные процессы в магнитосфере, ионосфере, механизмах магнитных возмущений, а также в живых организмах, о чем и будет идти речь в следующих главах.

Суммируя выше изложенное, отметим, что пространственно-временная структура магнитного поля определяется нормальным полем  $V_{IGRF}$ , которое на поверхности планеты изменяется в пределах  $20000 \div 70000$  нТл, аномальным полем, которое изменяется на поверхности Земли в пределах  $20000 \div 150000$  нТл, полем от антропогенных источников. Наибольшие

величины магнитной индукции характерны для ряда локальных источников Курской магнитной аномалии (150000 нТл). Согласно результатам расчетов за период с 1950 по 2012 гг. среднее значение  $B_{IGRF}$  на поверхности планеты уменьшилось на 1516 нТл (с 47300 нТл до 45784 нТл) или на 3,2%. С высотой интенсивность поля изменяется в пределах 10000 ÷ 28000 нТл (на высоте 2000 км), то есть уменьшается более чем в два раза по сравнению со значениями на поверхности. В целом структура магнитного поля на поверхности Земли в том или ином виде сохраняется до высот порядка 30000 км ( $B = 170 \div 250$  нТл на высоте 30000 км).



## РАЗДЕЛ 2

### МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ МОДУЛЯ В

Решение многих вопросов геологии, геофизики, прогнозирования полезных ископаемых и экологии нуждается в разработке числовых разномасштабных карт геомагнитного поля  $\Delta V_a$ , его региональной  $\Delta V_{a, \text{рег.}}$ , локальной  $\Delta V_{a, \text{лок.}}$  компонент, а также карт нормальной компоненты  $V_{\text{IGRF}}$ , модуля  $V$  и их количественной интерпретации. Поэтому разработка таких карт является исходным пунктом для последующих исследований.

Особенно актуальной в настоящее время является проблема применения магнитного поля Земли для решения экологических задач. Для этого необходимы новые подходы и критерии. В частности необходимым является анализ модульных значений компонент геомагнитного поля, с одной стороны, и их покомпонентный анализ, с другой стороны. Аномалии компонент магнитного поля Земли являются тем исходным материалом, который в дальнейшем используется для решения фундаментальных и прикладных проблем магнитологии, геологии и экологии.

Остановимся на методике построения карт аномальной составляющей магнитного поля  $\Delta V_a$ . Соответствующие карты разрабатываются по данным наземных или аэромагнитных съемок. Масштаб карт определяется плотностью сети наблюдений. Для разработки кондиционной карты необходимым является учет вариаций внешнего магнитного поля Земли, которые в данном случае являются помехами и приведение результатов к середине года. Поэтому обычно методика работ предусматривает:

а) синхронные наблюдения модуля  $V$  в точках измерения и на магнитной обсерватории. Этот прием позволяет исключить вариационную составляющую магнитного поля  $\delta V$  и получить для точек наблюдений абсолютные значения модуля  $V$  на момент измерения  $V_{\text{абс.}} = V_{\text{изм.}} - \delta V$ . Вариационная составляющая  $\delta V$  определяется как разница между измеренными значениями модуля индукции  $V$  и ее среднегодовой величиной.

б) аномальные значения модуля определяются выражением  $\Delta B_a = B_{\text{абс.}} - B_{\text{IGRF}}$ . Здесь  $B_{\text{IGRF}}$  – значение нормальной компоненты международного геомагнитного поля относительности в точке наблюдений.

В качестве примера рассмотрим построение карты аномального магнитного поля  $\Delta B_a$  на примере небольшой территории вокруг станции «Академик Вернадский» (Аргентинские о-ва, Антарктика).

Благодаря проведенным сотрудниками Института геофизики им.С.И.Субботина в 2005 – 2008 гг. наземных и морских (более 40000 точек ) измерений магнитного поля для территории архипелага «Аргентинские острова», прилегающих акваторий и островов с использованием современных программных комплексов построены цифровые магнитные карты модуля индукции геомагнитного поля  $B$  и его аномалий  $\Delta B_a$  [Orlyuk, Romenets, 2008; Роменец, Орлюк, 2008; Орлюк, Роменец, 2009], которые позволяют четко определять аномальные зоны и делать выводы о характере и структуре геомагнитного поля.

Согласно с данными среднегодовое значение модуля  $B$  на станции «Академик Вернадский» за 2007 год составляет  $B = 38911$  нТл. С учетом этой величины была определена величина вариации аномалий внешнего поля  $\delta B$  (по измерениям модуля  $B$  на станции). Для выделения аномальной компоненты магнитного поля  $\Delta B_a$  был проведен расчет компоненты нормального магнитного поля Земли  $B_{\text{IGRF}}$  на эпоху 2007,5 г.(таблица.2).

Расчет  $B_{\text{IGRF}}$  для всей территории был выполнен в режиме online с использованием программного обеспечения агентства NASA [DGRF-IGRF Geomagnetic Field Model 1945 – 2015].

Таблица 2.1.

Результаты наблюдений и обработки геомагнитных данных (фрагмент).

Дата	Время	Долгота	Широта	Визм.	Вобс.	Вср.2007	$\delta B$	Вабс.	Bigrf 2007	$\Delta B_a$
15.3.2007	18:53:56.	64,25762	65,24628	39793,25	38945,08	38911	34,0777	39759,17	39223	536,1723
15.3.2007	18:54:6.	64,25763	65,24629	39802,14	38945,29		34,29441	39767,85	39223	544,8456
15.3.2007	18:54:31.	64,25765	65,24627	39963,4	38945,68		34,67922	39928,72	39223	705,7208
15.3.2007	18:54:36.	64,25765	65,24628	39960,19	38945,68		34,67922	39925,51	39223	702,5108
15.3.2007	18:54:41.	64,25764	65,24627	39848,66	38945,73		34,7334	39813,93	39223	590,9266
15.3.2007	18:54:46.	64,25764	65,24628	39888,2	38945,82		34,81746	39853,38	39223	630,3825
15.3.2007	18:54:51.	64,25764	65,24628	39915,31	38945,82		34,81746	39880,49	39223	657,4925
15.3.2007	18:54:56.	64,25764	65,24628	39828,35	38945,84		34,84176	39793,51	39223	570,5082
15.3.2007	18:55:1.	64,25765	65,24628	39283,52	38946,06		35,06404	39248,46	39223	25,45596
15.3.2007	18:55:6.	64,25765	65,24628	39043,17	38946,12		35,11822	39008,05	39223	-214,9482
15.3.2007	18:55:11.	64,25768	65,24628	38854,63	38946,23		35,22658	38819,4	39223	-403,5966
15.3.2007	18:55:16.	64,25784	65,24626	38938,93	38946,23		35,22658	38903,7	39223	-319,2966
15.3.2007	18:55:21.	64,25808	65,24621	38942,01	38946,36		35,36481	38906,65	39223	-316,3548
15.3.2007	18:55:26.	64,2583	65,24613	38929,62	38946,36		35,36481	38894,26	39223	-328,7448
15.3.2007	18:55:31.	64,25851	65,24604	38922,81	38946,5		35,50304	38887,31	39223	-335,693
15.3.2007	18:55:36.	64,25866	65,24591	38901,57	38946,5		35,50304	38866,07	39223	-356,933
15.3.2007	18:55:41.	64,25879	65,24575	38895,37	38946,56		35,55722	38859,81	39223	-363,1872
15.3.2007	18:55:46.	64,25883	65,24554	38908,83	38946,56		35,55722	38873,27	39223	-349,7272
15.3.2007	18:55:56.	64,25832	65,24477	38856,48	38946,59		35,58709	38820,89	39222	-401,1071
15.3.2007	18:56:11.	64,25796	65,24322	38845,79	38946,8		35,80381	38809,99	39220	-410,0138
15.3.2007	18:56:16.	64,25816	65,24271	38848,37	38946,89		35,88786	38812,48	39220	-407,5179
15.3.2007	18:56:21.	64,25847	65,2422	38901,06	38946,94		35,94204	38865,12	39220	-354,882
15.3.2007	18:56:31.	64,25945	65,24123	38917,06	38947,22		36,21851	38880,84	39219	-338,1585
15.3.2007	18:56:46.	64,26059	65,2398	39014,57	38947,52		36,51928	38978,05	39219	-240,9493
15.3.2007	18:56:56.	64,26132	65,23909	38834,92	38947,57		36,57346	38798,35	39219	-420,6535
15.3.2007	18:57:1.	64,26155	65,23891	38849,3	38947,66		36,65751	38812,64	39218	-405,3575

Следующим этапом была интерполяция значений нормального поля  $V_{IGRF}$ , рассчитанных по модельным программам NASA, в каждую точку начального массива данных индукции магнитного поля  $B$ . Для этого использовались специально разработанные В.Н. Коваленко-Завойским и И.Н. Иващенко [Коваленко-Завойский и др., 2006] алгоритм и программа интерполяции данных, заданных в узлах сетки, в произвольные точки внутри этой сетки. Заключительным этапом был расчет значений  $\Delta B_a$  и построение карты аномального магнитного поля  $\Delta B_a$  с использованием программных комплексов Surfer и MapInfo.

Как можно видеть на рис.2.1, на карте отображены некоторые особенности геомагнитного поля данного района регионального класса, а также крупные локальные аномалии. Положительные значения аномалий изображены красным, а отрицательные – синим цветом. Значения аномалий в нанотеслах (см. шкалу). Карта аномального магнитного поля на эпоху 2007,5 года свидетельствует о наличии аномалий с интенсивностью в первые тысячи нанотесла, достаточно большой неоднородности поля в районе архипелага и,

соответственно, о незначительной глубине залегания пород с резко отличными магнитными свойствами.

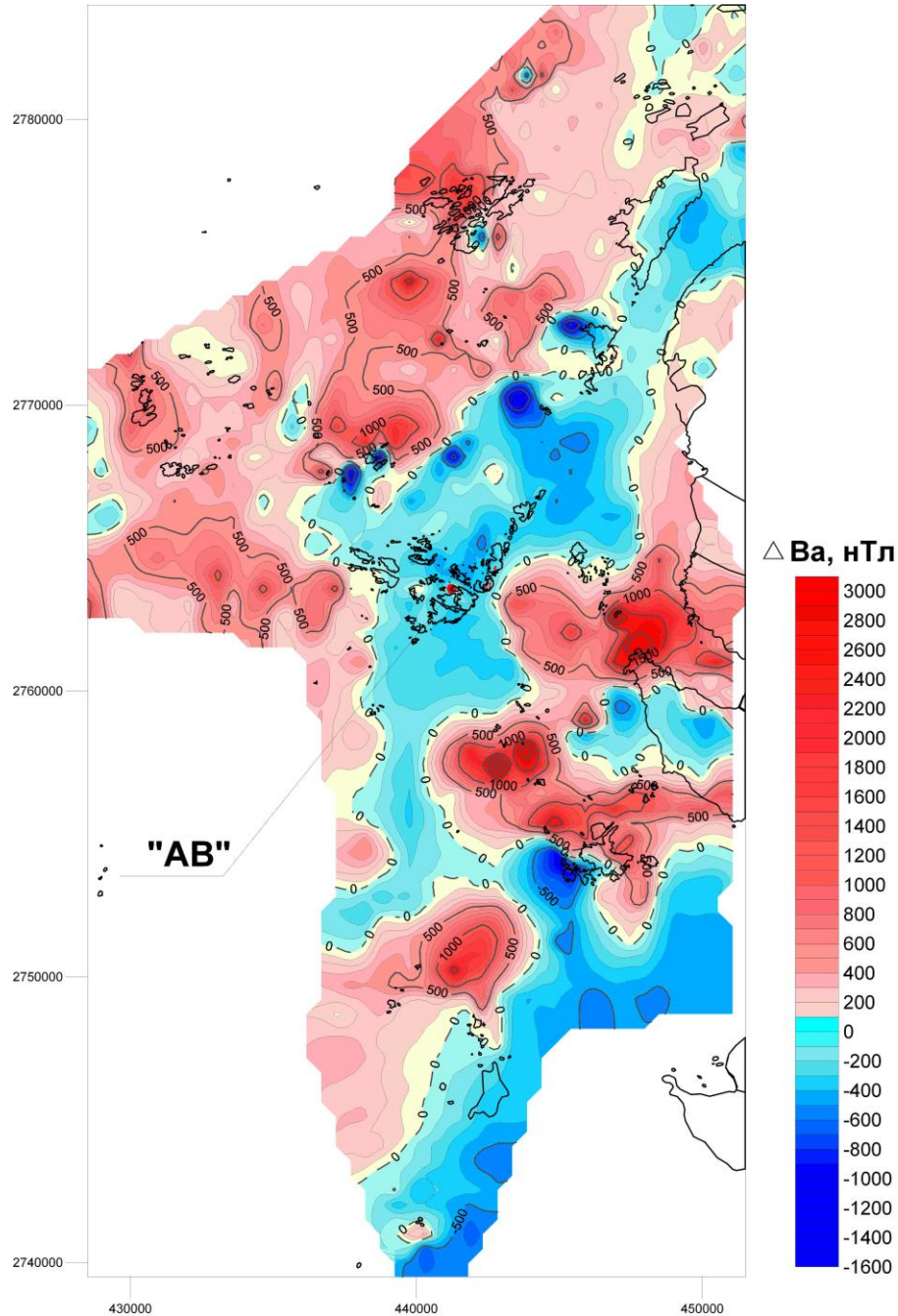


Рис.2.1. Аномальное магнитное поле  $\Delta B_a$  в районе станции «Академик Вернадский» на эпоху 2007,5 г.

Следовательно, если просуммировать поле  $\Delta B_a$  и поле  $B_{IGRF}$ , рассчитанное на определенную эпоху, то для любого времени для произвольной точки можно определить величину модуля  $B$  (сумма квазипеременной и постоянной компонент) (рис.2.2.).

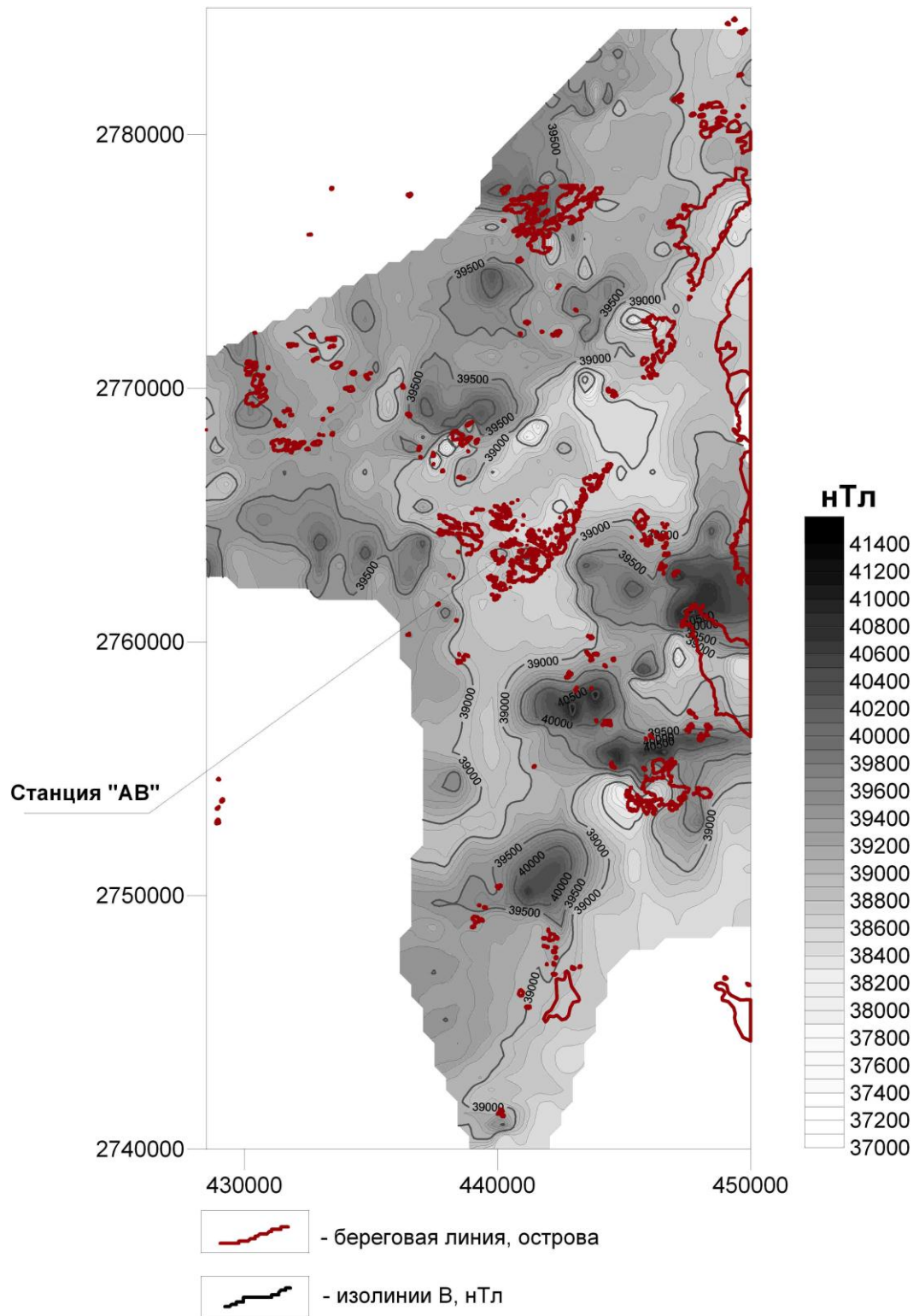


Рис.2.2. Модуль индукции магнитного поля В в районе станции «Академик Вернадский» на эпоху 2010 года.

## РАЗДЕЛ 3

### ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Остановимся более детально на описании магнитного поля Украины. Знания о геомагнитном поле территории Украины базируются на абсолютных магнитных съемках полного вектора магнитной индукции  $B$ , его горизонтальной  $B_H$ , вертикальной  $B_Z$  компонент и наблюдений их относительных величин. Институтом геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины проводятся исследования векового хода геомагнитного поля в геомагнитных обсерваториях, пунктах векового хода (ПВХ) и временных режимных пунктах.

#### **3.1 Магнитное поле по обсерваторским наблюдениям.**

Измерения полного вектора магнитной индукции  $B$ , ее северной  $B_X$ , восточной  $B_Y$  и вертикальной  $B_Z$  компонент проводятся в геомагнитных обсерваториях (ГО). На территории Украины функционируют три ГО: «Киев», «Львов» и «Одесса», которые оборудованы современной аппаратурой для высокоточных измерений.

ГО «Киев» была основана в 1958 году и расположена в с. Демидов. С 1964 года находится в пгт. Дымер (расстояние между этими пунктами около 10 км). Обсерватория начала работу с мая 1958 г. Наблюдения велись аналоговыми вариационными станциями La Cour. Абсолютные наблюдения выполнялись магнитометрами QNM и BMZ. По результатам наблюдений составлялись декадные, а, в последствии, месячные обзоры магнитной возмущенности, которые содержали трехчасовые  $k$ -индексы, суточные амплитуды и суточные  $s$ -характеристики, а также описания магнитных бурь с выделением их активных периодов и возникновением отдельно стоящих бурь. По магнитограммам с привлечением абсолютных наблюдений определялись абсолютные среднечасовые величины магнитного склонения  $D$ , горизонтальной составляющей  $B_H$  и вертикальной составляющей  $B_Z$ .

Магнитная обсерватория в Дымере начала планомерную работу с 11 марта 1964 г. Для абсолютных наблюдений был получен протонный магнитометр. В 1967 г. была получена более совершенная магнитовариационная станция системы В.Н.Боброва с нулевыми температурными коэффициентами, а станция La Cour работала в качестве дублирующей. Для абсолютных наблюдений склонения был получен QHM с очень тонкой нитью, работавший как деклинометр. С начала 2003 года обсерватория оснащена современной аппаратурой. Абсолютные измерения проводятся феррозондовыми инклинометрами-деклинометрами на базе теодолитов Carl Zeiss. Современные магнитовариационные станции LEM1-008 с цифровой формой записи измеряют вариации магнитного поля Земли с дискретностью 1с. и точностью  $\pm 0,01$  нТл. ГО «Киев» с 2011 года входит в международную систему INTERMAGNET.

ГО «Львов» начала свою работу в 1932 году, но, к сожалению, все материалы наблюдений до 1941 года были утеряны. Наблюдения были полноценно возобновлены в 1952 году. Были введены в эксплуатацию два серии магнитометров: основная серия - H, D, Z La Cour и дублирующая серия- H, D, Z Eshengagen. Абсолютные измерения проводились магнитным теодолитом COOK, индукционным инклинометром и кварцевым магнитометром. В 1966 году был установлен протонный магнитометр PM-1. В 1970 году были заменены вариационные станции. Были установлены две серии вариационных станций Боброва. На данный момент в обсерватории работают две цифровых вариационных станции PSM-8811 производства польского института геофизики. Абсолютные измерения выполняются DI феррозондовым магнитометром с блоком электроники FLM1/B. Обсерватория так же входит в международную систему INTERMAGNET.

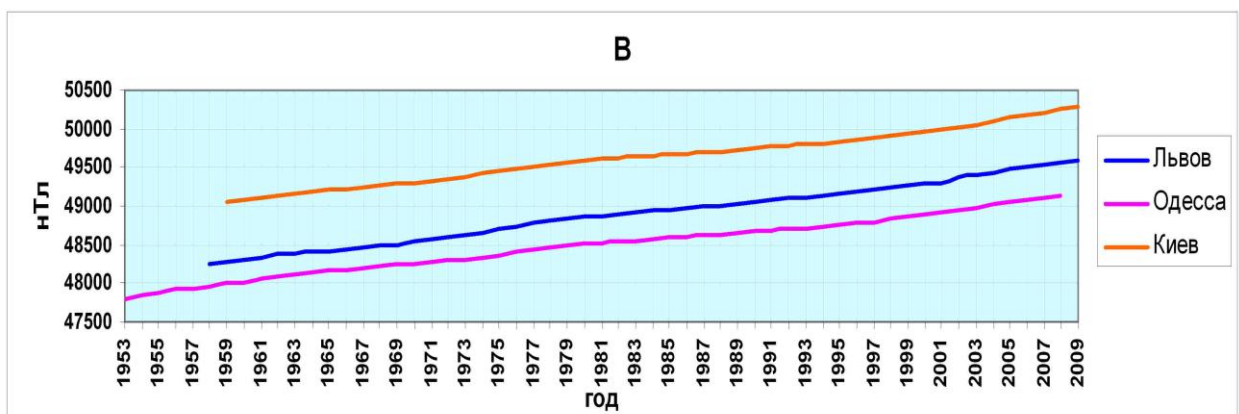
Регулярные измерения магнитного поля Земли на ГО «Одесса» осуществляются с помощью стандартного оборудования с 1948 года по настоящее время. На данный момент обсерватория оборудована высокоточным комплексом аппаратуры немецкого производства и

цифровыми магнитовариационными станциями LEMI-017 украинского производства. На обсерватории ведется весь комплекс наблюдений. Обсерватория в системе INTERMAGNET находится в тестовом режиме.

За период 1958-2008 гг. рассчитаны среднегодовые значения компонент для обсерваторий, а также проанализированы временные изменения модуля полного вектора геомагнитного поля  $V$  и его компонент.

Для ГО «Киев» величина полного вектора магнитной индукции в 1958 году составляла 49060 нТл, а в 2008 г. – 50283 нТл, для ГО «Львов» – 48272 нТл, в 1958 г. и 49595 нТл в 2008 г., для ГО «Одесса» – 48001 нТл в 1958 г. и 49145 нТл в 2008 г.

В соответствии с результатами наблюдений и расчетов прирост величины полного вектора индукции магнитного поля за период 1958 – 2008 гг. составляет: для ГО «Киев» – 1223 нТл, ГО «Львов» – 1323 нТл, ГО «Одесса» – 1144 нТл. Средний годовой прирост имеет величины 24.5 нТл, 26.5 нТл и 23.3 нТл соответственно. На этом фоне наблюдаются аномалии прироста геомагнитного поля, которые изображены на рис.3.1.1. Предварительно, разница в градиентах обусловлена различными величинами намагниченности земной коры в районах размещения ГО и, соответственно, разным подмагничиванием магнитных источников за счет магнитного поля Земли (описание в подразделе 4.3), что приводит к большему росту индуктивной компоненты намагниченности для источников с большими величинами магнитной восприимчивости.





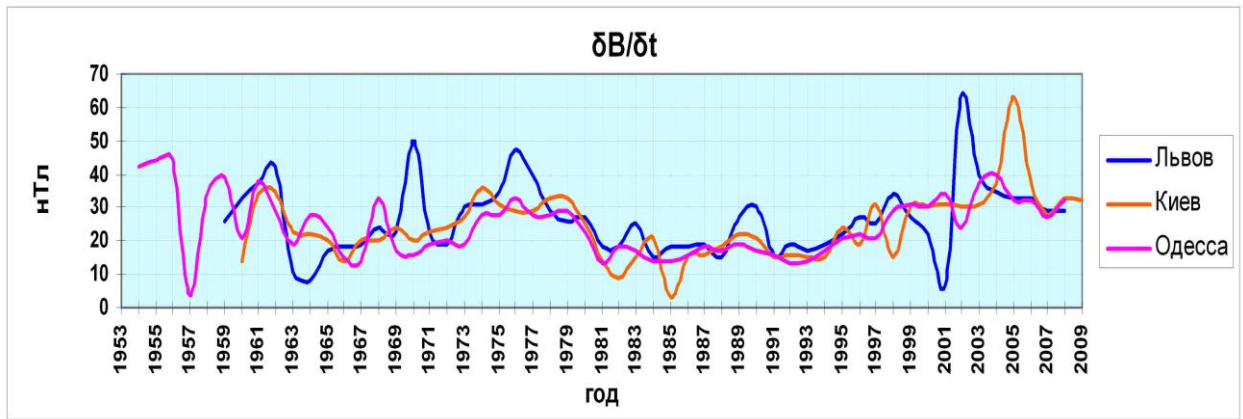


Рис.3.1.1 Изменение величины модуля индукции магнитного поля  $B$  и его годовой прирост по данным украинских геомагнитных обсерваторий.

На примере ГО «Киев» можно утверждать, что за исследуемый промежуток (1958 – 2008 гг.) наблюдается четкая тенденция роста модуля  $B$ , которую можно описать уравнением прямой  $p(t) = 49056 + 21,875 (Y-1958)$ , для  $t \in (1958 - 2008 \text{ гг.})$ . На фоне этого векового хода со средней скоростью 24,5 нТл/год наблюдается квазипериодическая составляющая с амплитудой около 80 нТл и периодом  $26 \div 30$  лет. Для этой составляющей первый минимум можно отнести к  $1967 \div 1968$  гг., а второй – к  $1993 \div 1994$  гг. Кроме этой локальной компоненты, для выделения которой не требуется никаких особых приемов, может быть выделена еще одна локальная составляющая с амплитудой  $2 \div 20$  нТл и периодом около  $4 \div 6$  лет. Максимумы этой составляющей наблюдаются в 1962, 1968, 1974, 1978, 1984, 1990, 1995, 1997, 2005 гг.

Согласно с расчетами для ГО «Киев» величина нормальной компоненты  $B_{IGRF}$  за период с 1958 по 2008 гг. имеет прирост 1256 нТл (от 48942 нТл в 1958 г. до 50198 нТл в 2008г.), для ГО «Одесса» – 1186 нТл (от 47996 нТл в 1958 г. до 49182 нТл в 2008 г.), для ГО «Львов» – 1343 нТл (от 48043 нТл в 1958 г. до 49386 нТл в 2008 г.). Средний годовой прирост  $B_{IGRF}$  соответственно имеет следующие величины: для ГО «Киев» – 25,1 нТл, для ГО «Одесса» – 23,8 нТл, для ГО «Львов» – 26,8 нТл (рис.3.1.2).

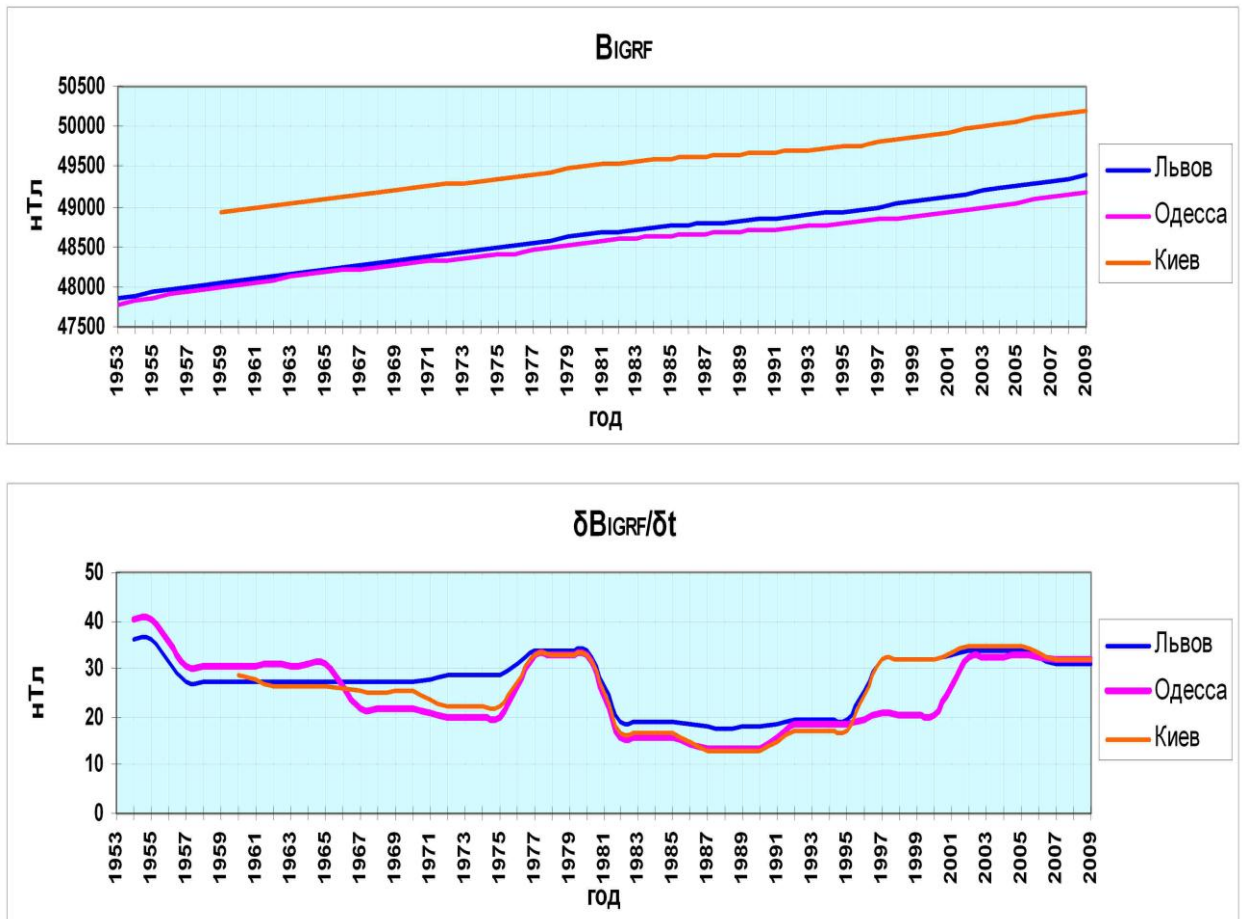


Рис.3.1.2 Изменение величины нормальной компоненты  $V_{IGRF}$  и ее годовой прирост по данным украинских геомагнитных обсерваторий.

С использованием данных наблюдений магнитных обсерваторий Украины за полувековой интервал времени детально рассчитан вековой ход магнитного поля (таб. 3).

Таблица 3.1.1.

Изменение величин  $V$  и  $V_{IGRF}$  и их временной градиент по данным украинских геомагнитных обсерваторий.



магнитными съемками, на основании которых для тех или иных ее регионов разработаны магнитные карты соответствующих масштабов [Крутиховская, 1982; Литвинова, 2000; Макарова, 1977; Симоненко и др., 1990; Крутиховская и др., 1985; Крутиховська та ін., 1973; Нечаева, 1990; Нечаева та ін., 2002; Шимків та ін., 2001; Ентин, 2012]. Общее представление о магнитном поле территории Украины дает карта аномального магнитного поля  $\Delta V_a$ , разработанная в ГПП «Північгеологія», под руководством Т.С. Нечаевой [Нечаева та ін., 2002] (рис. 3.2.1).

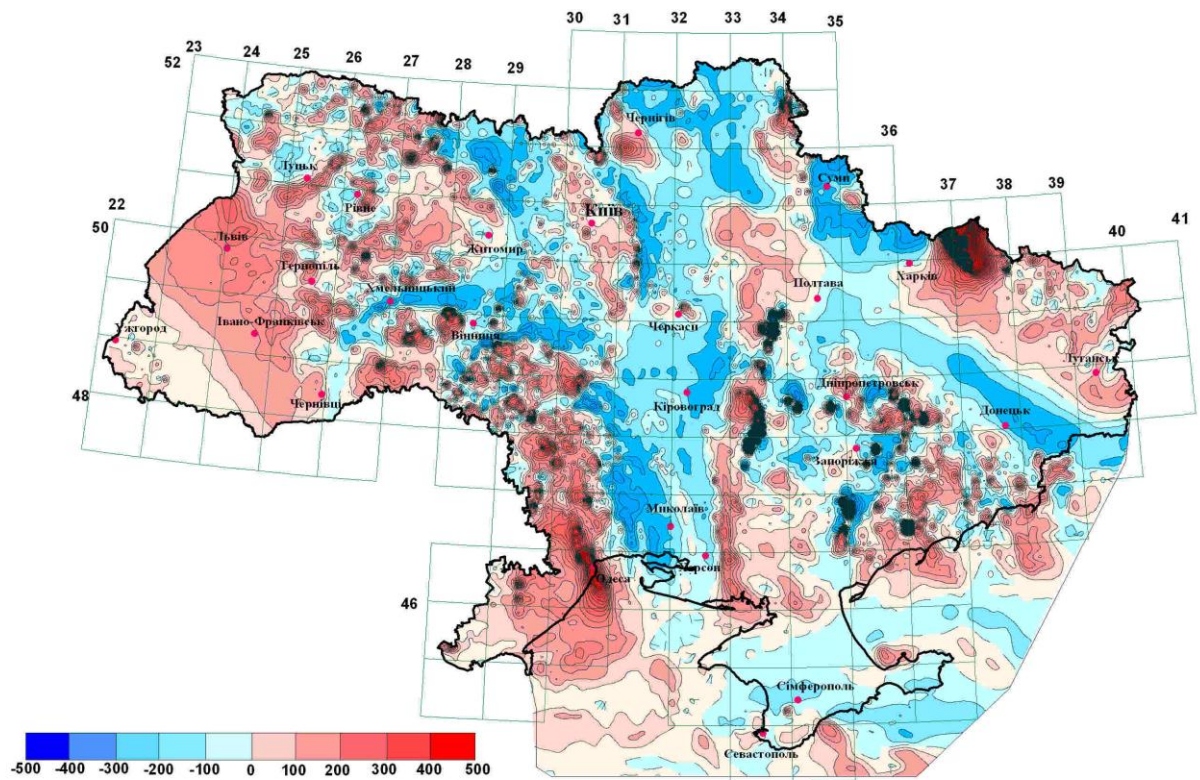


Рис.3.2.1. Карта аномального магнитного поля  $\Delta V_a$  Украины.

Данная карта составлена на основании обобщения разномасштабных наземных, аэро-, гидромагнитных съемок, и получен цифровой вариант данной карты с разрешением 5x5 минут.

Аномальное магнитное поле территории Украины очень дифференцировано и состоит из региональной и локальной компонент, что отличаются поперечными размерами аномалий и глубиной их источников. Локальные и региональные аномалии магнитного поля детально

проанализированы и проинтерпретированы во многих отчетах и публикациях [Луговенко, 1974; Крутиховская и др., 1982; Пашкевич, 1976; Пашкевич и др., 1990; Орлюк, 1996; Орлюк, 2014].

Отметим, что в целом для Украины поле весьма разнообразно по частотному составу и интенсивности. Интенсивность аномалий колеблется от первых нанотесл до десятков тысяч нанотесл в районах железорудных месторождений, при этом преобладающая интенсивность находится в интервале  $100 \div 500$  нТл.

Результаты разномасштабных магнитных съемок и непрерывные наблюдения компонент геомагнитного поля на геомагнитных обсерваториях и в пунктах векового хода позволяют охарактеризовать его квазипеременную и постоянную часть для временного интервала 1950 – 2000 гг. Построенная по результатам [Шимків та ін., 2001; Besutiu et al., 1999, 2000; Крутиховская и др., 1982; Krutikhovskaya etc., 1981; Пашкевич и др., 1990; Орлюк, 1983; Пашкевич, 1976; Пашкевич, 1989; Орлюк, 2000] схема интенсивности региональных магнитных аномалий  $\Delta B_{a\_рег.}$ , а так же карты нормального геомагнитного поля  $V_{IGRF}$  для эпох 1950 и 2000 гг. свидетельствуют о существенных изменениях геомагнитного поля в течение указанного временного интервала. Наиболее стабильной компонентой геомагнитного поля есть его компонента, которая обусловлена магнитными образованиями земной коры. Интенсивность региональной компоненты аномального магнитного поля изменяется от  $-300$  нТл в районах Коростеня и Николаева до  $+(400 \div 600)$  нТл в районах Львова, Одессы, Чернигова и других местах, а горизонтальные градиенты достигают  $15 \div 20$  нТл/км.

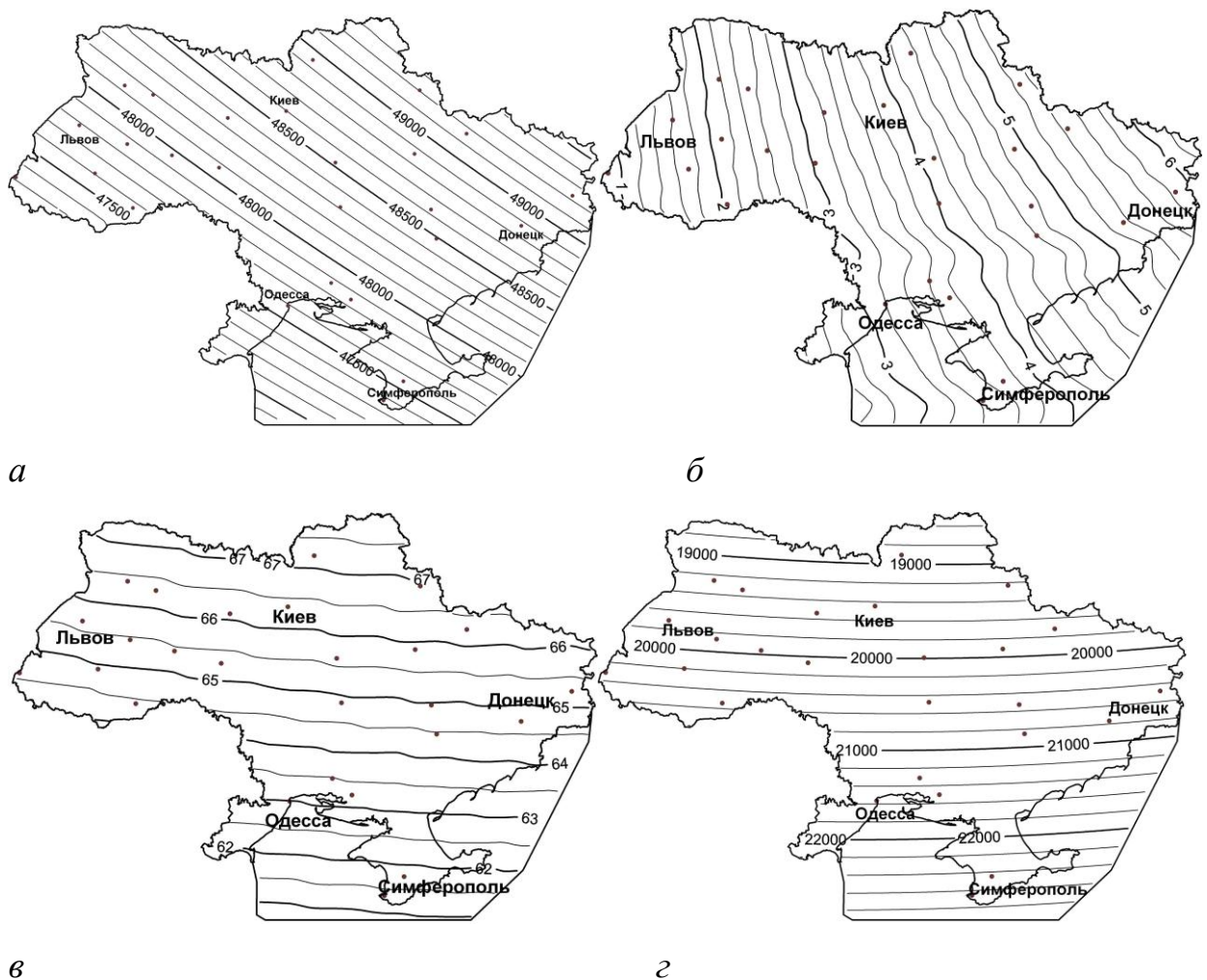
Существуют также локальные аномалии с размерами в первые сотни метров и интенсивностью десятки тысяч нанотесл с чрезвычайно высокими горизонтальными градиентами до  $1000$  нТл/км. Местонахождение и интенсивность этих аномалий можно устанавливать по детальным картам поля  $\Delta B_a$  м-ба 1:25000 – 1:50000.

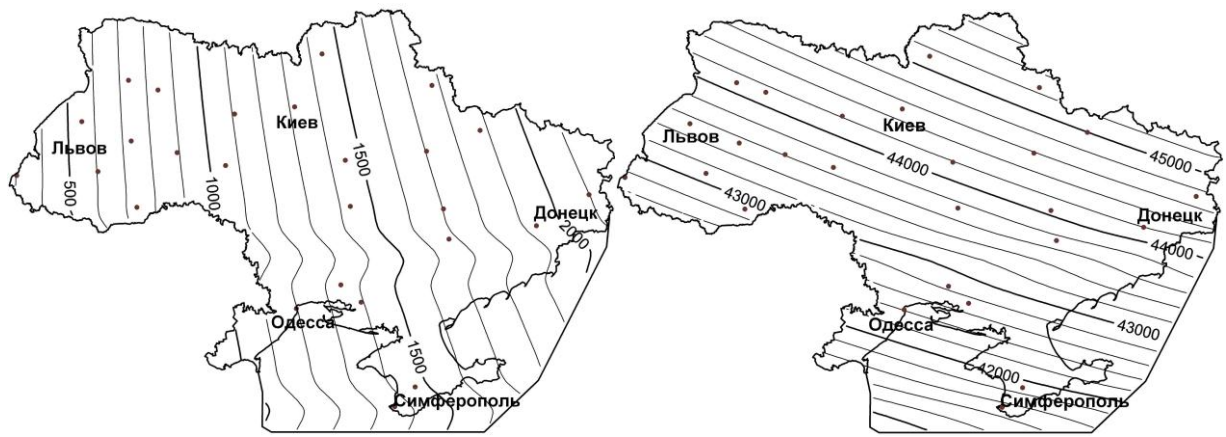
Эта и другие подобные карты легли в основу построения для территории Украины электронных карт модуля В для разных эпох, пригодных для решения всего комплекса геомагнитных, геолого-прогностических и экологических задач.

### 3.3 Нормальное геомагнитное поле $V_{IGRF}$ .

Подробнее рассмотрим нормальное геомагнитное поле  $V_{IGRF}$  территории Украины за 50 лет.

Значение компонент международного геомагнитного поля  $V_{IGRF}$  для территории Украины рассчитаны для эпох 1950 и 2000 гг. На рисунках 3.3.1., 3.3.2., 3.3.3. приведено графическое изображение компонент геомагнитного поля и величину их изменения за указанный промежуток времени.

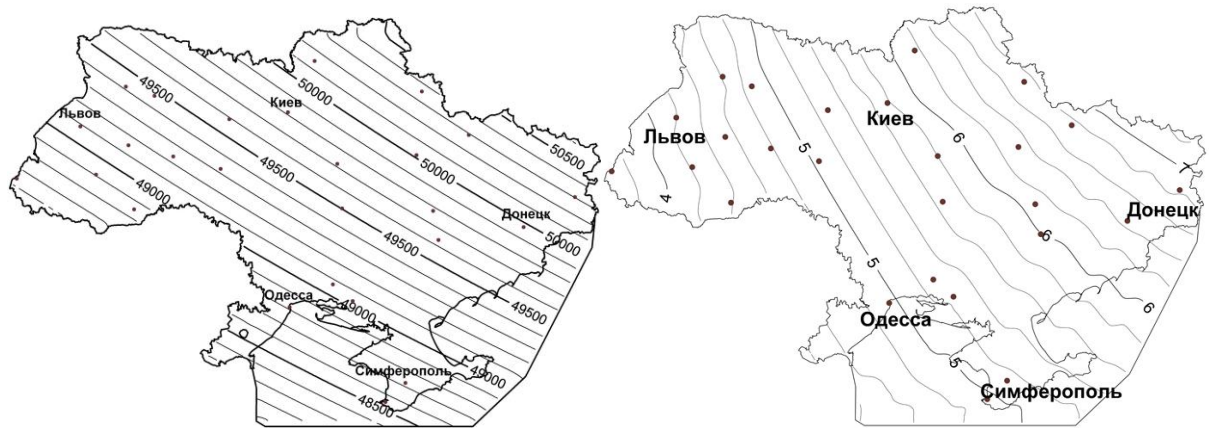




д

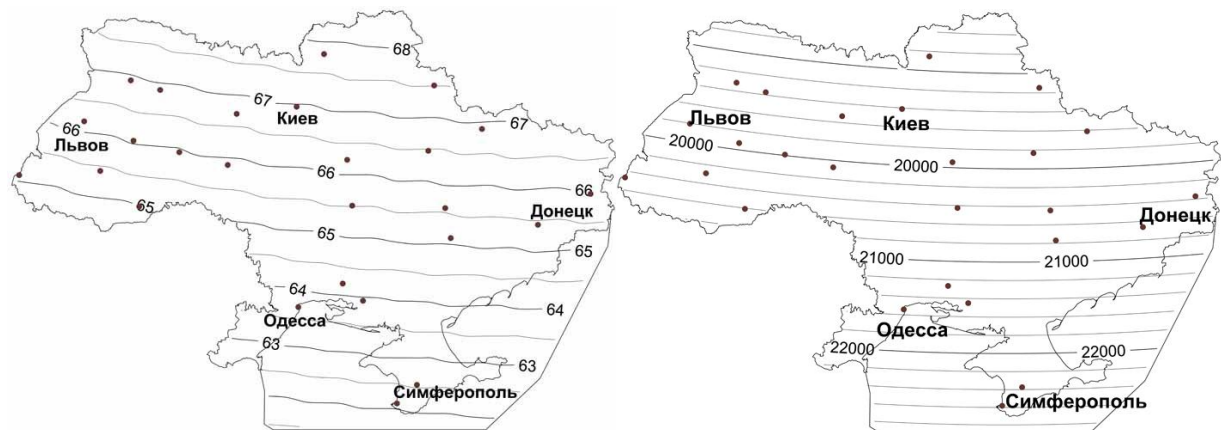
е

Рис.3.3.1 Значения компонент нормального магнитного поля Земли  $V_{IGRF}$  для территории Украины на эпоху 1950 года: а) индукции  $B$ ; б) склонения  $D$ ; в) наклонения  $I$ ; г) северной составляющей  $V_X$ ; д) восточной составляющей  $V_Y$ ; е) вертикальной составляющей  $V_Z$ .



а

б



в

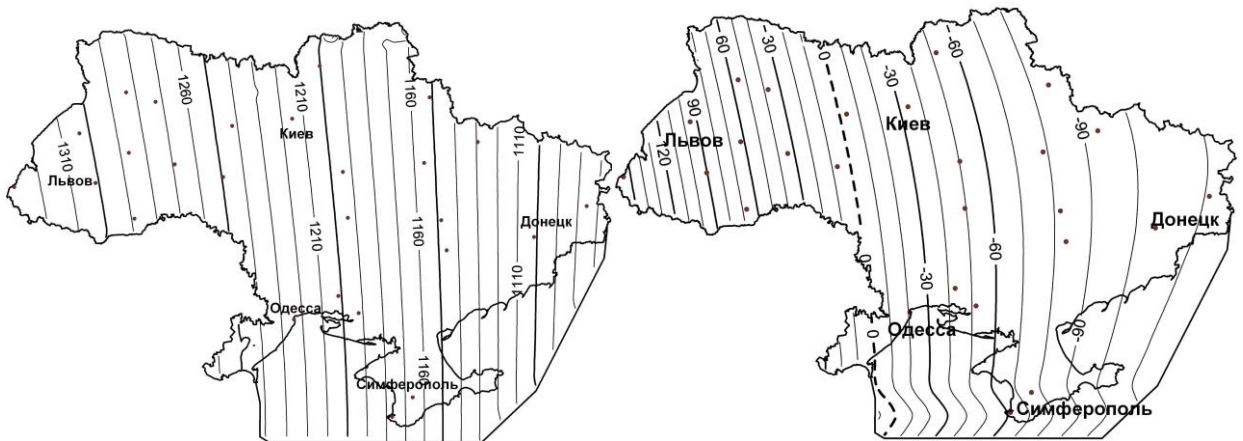
г



д

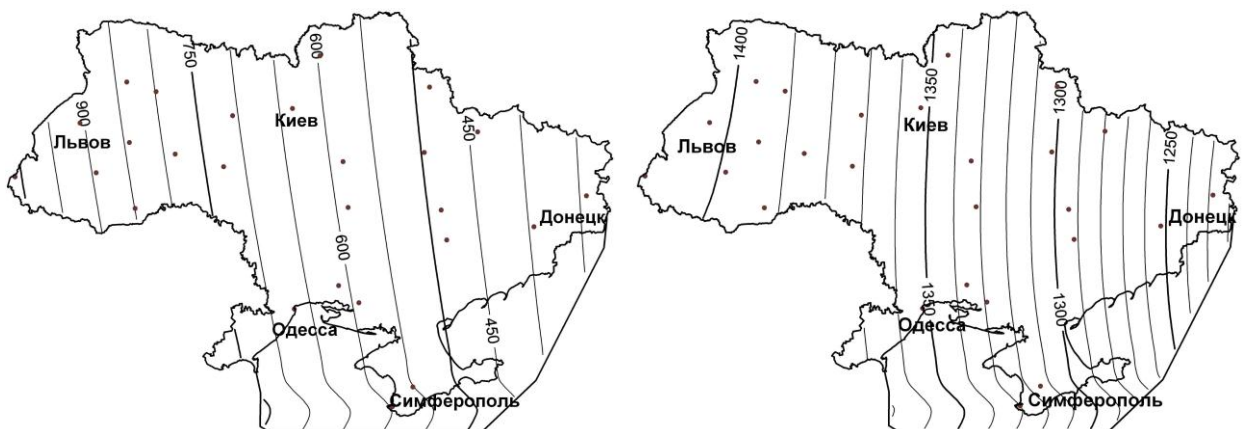
е

Рис.3.3.2 Значения компонент нормального магнитного поля Земли  $V_{IGRF}$  для территории Украины на эпоху 2000 года: а) индукции  $V$ ; б) склонения  $D$ ; в) наклонения  $I$ ; г) северной составляющей  $V_X$ ; д) восточной составляющей  $V_Y$ ; е) вертикальной составляющей  $V_Z$ .



а

б



в

г



Рис.3.3.3 Изменения величин компонент нормального магнитного поля Земли  $V_{IGRF}$  для территории Украины за 50 лет (1950 – 2000 гг.): а) индукции  $V$ ; б) северной составляющей  $V_X$ ; в) восточной составляющей  $V_Y$ ; г) вертикальной составляющей  $V_Z$ .

Анализ изменения нормального геомагнитного поля и его компонент свидетельствует о существенном его росте с 1950 г. по настоящее время.

В частности, если территория юго-запада и юга Украины в 1950 году характеризовалась величиной поля  $V_{IGRF} = 47000$  нТл, а северо-востока и севера  $V_{IGRF} = 49800$  нТл (рис.3.3.1а), то в 2000 году соответственно величинами  $V_{IGRF} = 48200$  нТл и  $V_{IGRF} = 50500$  нТл (рис.3.3.2а). Изменение величины  $V_{IGRF}$  ( $\Delta V_{IGRF} = V_{IGRF,2000} - V_{IGRF,1950}$ ) представлено на рис.3.3.3а. Горизонтальный градиент поля  $V_{IGRF}$  составляет около 5 нТл/км [Орлюк. Роменець, 2002]. Увеличение прироста поля наблюдается с востока на запад. Для территории Украины нормальное магнитное поле увеличилось за 50 лет с 1065 нТл на востоке до 1330 нТл на западе.

Карта склонения  $D$  территории Украины для 1950 года представлена на рис.3.3.1б. и для 2000 года на рис.3.3.2б. Склонение  $D$  за 1950 год изменяется в пределах от  $\sim 0,65^\circ$  на западе Украины и до  $\sim 6,25^\circ$  на востоке и соответственно от  $\sim 3,7^\circ$  и до  $\sim 7,2^\circ$  в 2000 году.

Карта наклонения  $I$  для 1950 года представлена на рис.3.3.1в., а для 2000 года на рис.3.3.2в. Наклонение  $I$  за 1950 год изменяется в пределах от  $\sim 61,5^\circ$  на юге Украины и до  $\sim 68,0^\circ$  на севере и соответственно от  $\sim 62,2^\circ$  и до  $\sim 68,5^\circ$  в 2000 году.

Северная составляющая  $V_X$  территории Украины на эпоху 1950 года представлена на рис.3.3.1г. и на эпоху 2000 года – на рис.3.3.2г. Величина  $V_X$  за 1950 год изменяется в пределах от 18400 нТл до 22900 нТл и от 18300 нТл до 22950 нТл в 2000 году. Карта  $\delta V_X$  представлена на рис.3.3.3б. Величина  $\delta V_X$  изменяется с юго-запада на северо-восток. На юго-запад по условной линии Ровно – Хмельницкий, где наблюдается нулевой прирост, северная

составляющая увеличилась за 50 лет на 120 нТл, а на северо-восток значения  $\delta V_x$  уменьшились на 158 нТл.

Восточная составляющая  $V_y$  территории Украины на эпоху 1950 года представлена на рис.3.3.1д. и на эпоху 2000 года – на рис.3.3.2д. Величина  $V_y$  за 1950 год изменяется в пределах от 290 нТл до 2200 нТл и соответственно от 1290 нТл до 2550 нТл в 2000 году. Временной градиент  $\delta V_y$  за 50 лет представлен на рис.3.3.3в. Величина прироста  $\delta V_y$  направлена с востока на запад от 350 нТл до 1000 нТл.

Вертикальная составляющая  $V_z$  территории Украины на эпоху 1950 года представлена на рис.3.3.1е. и на эпоху 2000 года – на рис.3.3.2е. Величина  $V_z$  за 1950 год изменяется от 41500 нТл на юго-западе Украины до 45400 нТл на северо-востоке и соответственно от 42900 нТл до 46600 нТл в 2000 году. Карта  $\delta V_z$  представлена на рис.3.3.3г. Величина прироста  $\delta V_z$  направлена с северо-востока на юго-запад и составляет от 1200 нТл до 1400 нТл за 50 лет.

### **3.4 Характеристика модуля индукции магнитного поля территории Украины.**

С использованием имеющихся и рассчитанных массивов данных построены карты модуля индукции магнитного поля Украины для эпох 1950 и 2000 годов (рис. 3.4.1., 3.4.2.). Для построения этих карт использованы карты аномального магнитного поля территории Украины [Нечаева та ін., 2002] и Черного моря [Кравченко и др., 2003]. С применением современного программно-алгоритмического обеспечения (Surfer, Map Info, Corel Draw, Excel) были созданы числовые версии этих карт в градусных и метровых координатах. Такая унификация данных способствует использованию этих систем координат как для разработки магнитных моделей, так и для комплексирования с другими данными.

Непосредственно для территории Украины цифровые карты модуля  $V$  и  $V_{IGRF}$  построены с шагом выборки  $5' \times 5'$  минут. Первым шагом был расчет и формирование массива данных поля  $V_{IGRF}$  с помощью программного

обеспечения NASA [DGRF/IGRF Geomagnetic Field Model 1900 – 2015]. Значения  $V_{IGRF}$  рассчитывались для площади с границами  $22^{\circ} \div 41^{\circ}$  В.Д. и  $44^{\circ} \div 54^{\circ}$  С.Ш. (территория Украины находится в этих пределах) для определенного временного интервала. После построения карт поле обрезалось по границам Украины. Затем значения поля  $V_{IGRF}$  интерполировались в точки с соответствующими координатами массива данных поля  $\Delta V_a$  и суммировались. Таким образом можно рассчитать массив данных и построить карту модуля геомагнитного поля Украины на ту или иную эпоху.

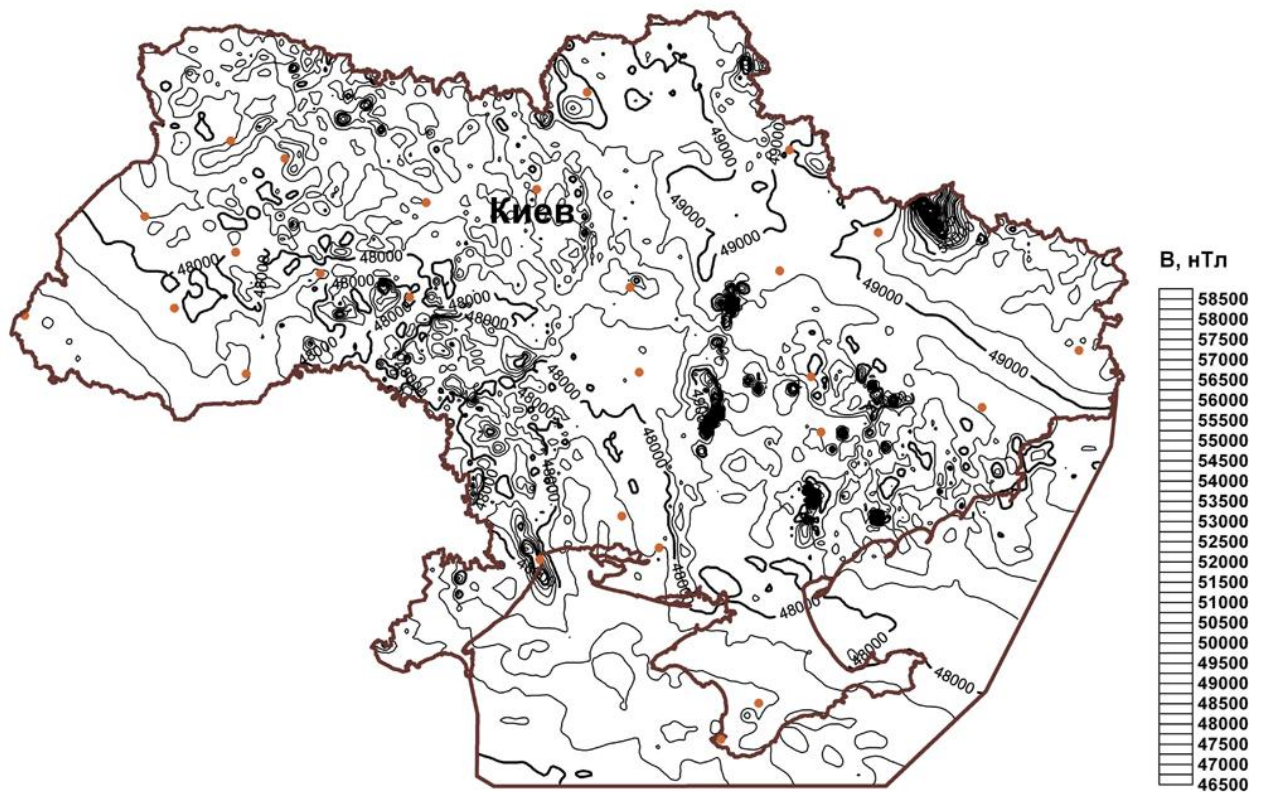


Рис.3.4.1. Карта модуля индукции магнитного поля  $V$  территории Украины на эпоху 1950 г.

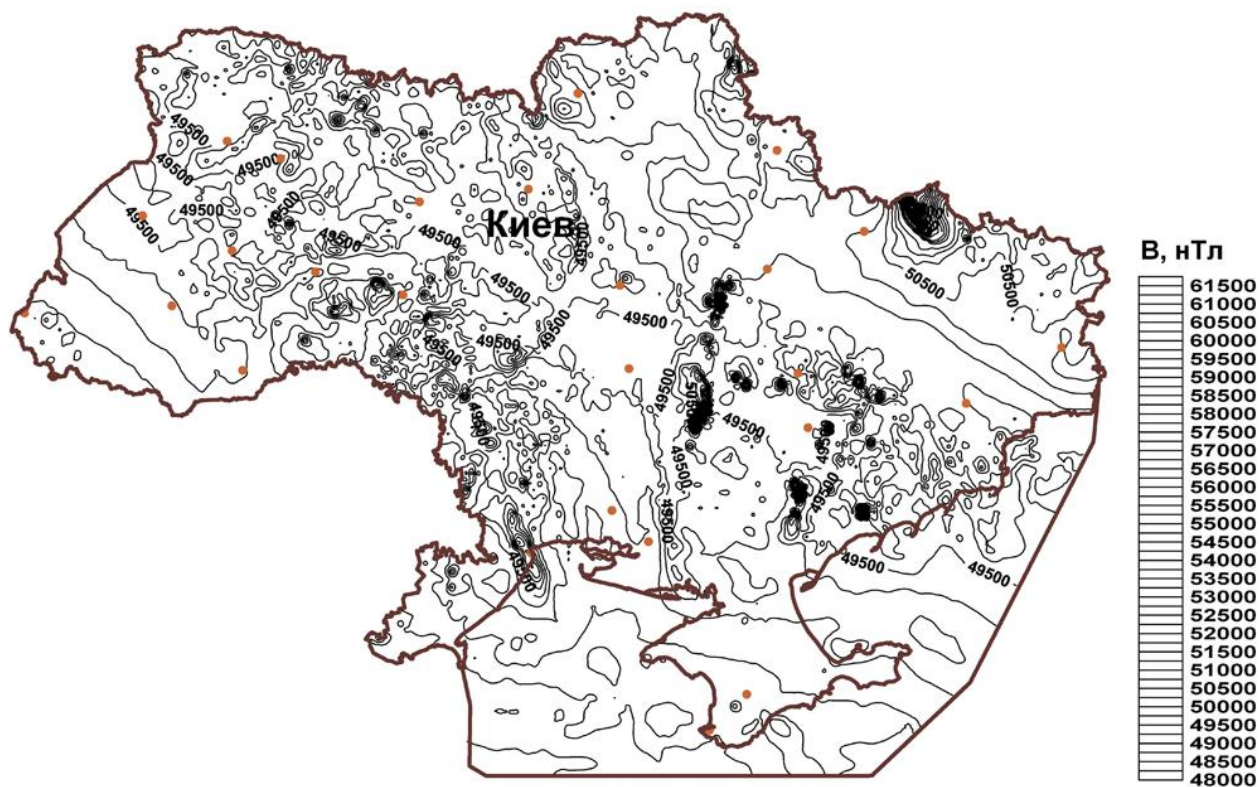


Рис.3.4.2. Карта модуля индукции магнитного поля  $V$  территории Украины на эпоху 2000 г.

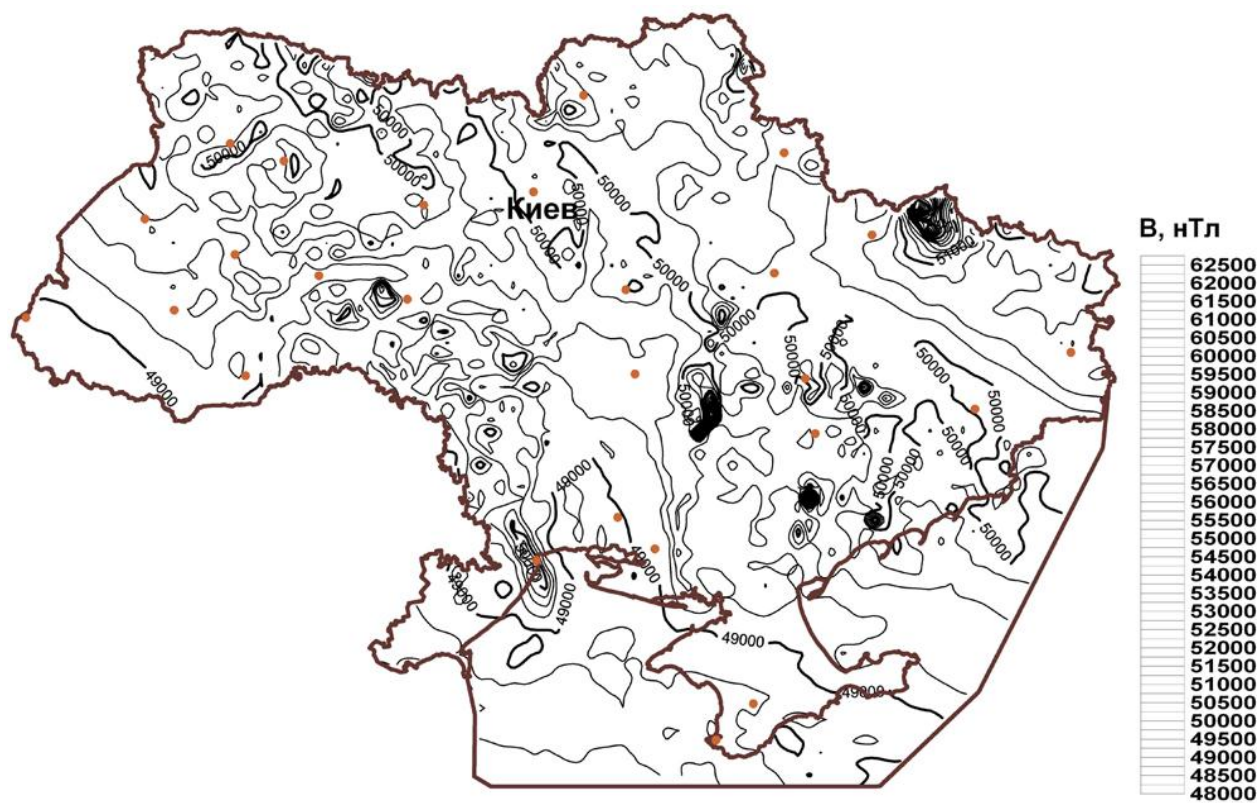


Рис.3.4.3. Карта модуля индукции магнитного поля  $V$  территории Украины на эпоху 2010 г.

Как следует из рис.3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 величина модуля индукции магнитного поля  $B$  на эпоху 1950 года изменяется в пределах  $B = 46650 \div 57900$  нТл, на эпоху 2000 года – в пределах  $B = 47900 \div 59000$  нТл, а на эпоху 2010 г. –  $B = 48100 \div 59150$  нТл. Как видно из рис.3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 карты модуля индукции  $B$  для разных эпох схожи по конфигурации, но различаются по уровню значений поля.

Для дальнейших исследований относительно взаимосвязи с геомагнитным полем некоторых процессов в биосфере были разработаны карты модуля индукции  $B$  всех областей Украины и АРК для временного интервала 1958 – 2008 гг. с шагом 1 год.

В региональном плане интенсивность  $B$  возрастает с юго-запада на северо-восток, достигая максимальных величин на северо-востоке Харьковской области (в районе юго-восточного продолжения Курской магнитной аномалии). Минимальными величинами  $B$  характеризуются АР Крым и Закарпатская область, а максимальными значениями характеризуются северо-восточные и северные области Украины. На фоне такой региональной характеристики параметра  $B$  наблюдаются отклонения в сторону больших или меньших значений магнитного поля в зависимости от его региональных особенностей. В частности, средние значения  $B$  Львовской, Днепропетровской, Запорожской и Харьковской областей больше на несколько сот нанотесл, а Кировоградской – меньше по этой причине (таблица 3.4.1.).

Таблица 3.4.1.

Средние значения модуля  $B$  для областей Украины за период 1955 – 2008 гг.

Год / обл.	Черкасская	Черниговская	Черновицкая	Днепропетровская	Донецкая
1955	48604,68	49123,43	48081,42	48839,78	48962,34
1956	48606,01	49124,77	48082,76	48841,12	48963,67
1957	48617,34	49136,10	48094,09	48852,45	48975,00
1958	48639,01	49157,77	48115,76	48874,12	48996,67
1959	48661,68	49180,43	48138,42	48896,78	49019,34
1960	48698,01	49216,77	48174,76	48933,12	49055,67
1961	48733,34	49252,10	48210,09	48968,45	49091,00
1962	48751,01	49269,77	48227,76	48986,12	49108,67
1963	48770,34	49289,10	48247,09	49005,45	49128,00
1964	48790,68	49309,43	48267,42	49025,78	49148,34
1965	48806,34	49325,10	48283,09	49041,45	49164,00
1966	48824,01	49342,77	48300,76	49059,12	49181,67
1967	48849,68	49368,43	48326,42	49084,78	49207,34
1968	48871,01	49389,77	48347,76	49106,12	49228,67
1969	48899,68	49418,43	48376,42	49134,78	49257,34
1970	48921,34	49440,10	48398,09	49156,45	49279,00
1971	48942,34	49461,10	48419,09	49177,45	49300,00
1972	48967,68	49486,43	48444,42	49202,78	49325,34
1973	48999,34	49518,10	48476,09	49234,45	49357,00
1974	49030,68	49549,43	48507,42	49265,78	49388,34
1975	49067,01	49585,77	48543,76	49302,12	49424,67
1976	49099,34	49618,10	48576,09	49334,45	49457,00
1977	49129,34	49648,10	48606,09	49364,45	49487,00
1978	49158,68	49677,43	48635,42	49393,78	49516,34
1979	49183,68	49702,43	48660,42	49418,78	49541,34
1980	49198,68	49717,43	48675,42	49433,78	49556,34
1981	49213,68	49732,43	48690,42	49448,78	49571,34
1982	49232,68	49751,43	48709,42	49467,78	49590,34
1983	49249,34	49768,10	48726,09	49484,45	49607,00
1984	49261,01	49779,77	48737,76	49496,12	49618,67
1985	49277,68	49796,43	48754,42	49512,78	49635,34
1986	49295,34	49814,10	48772,09	49530,45	49653,00
1987	49312,01	49830,77	48788,76	49547,12	49669,67
1988	49334,68	49853,43	48811,42	49569,78	49692,34
1989	49357,34	49876,10	48834,09	49592,45	49715,00
1990	49373,01	49891,77	48849,76	49608,12	49730,67
1991	49389,01	49907,77	48865,76	49624,12	49746,67
1992	49404,34	49923,10	48881,09	49639,45	49762,00
1993	49421,34	49940,10	48898,09	49656,45	49779,00
1994	49443,68	49962,43	48920,42	49678,78	49801,34
1995	49466,34	49985,10	48943,09	49701,45	49824,00
1996	49492,01	50010,77	48968,76	49727,12	49849,67
1997	49518,01	50036,77	48994,76	49753,12	49875,67
1998	49547,34	50066,10	49024,09	49782,45	49905,00
1999	49564,68	50083,43	49041,42	49799,78	49922,34
2000	49578,34	50097,10	49055,09	49813,45	49936,00
2001	49607,68	50126,43	49084,42	49842,78	49965,34
2002	49633,34	50152,10	49110,09	49868,45	49991,00
2003	49658,34	50177,10	49135,09	49893,45	50016,00
2004	49680,01	50198,77	49156,76	49915,12	50037,67
2005	49714,01	50232,77	49190,76	49949,12	50071,67
2006	49742,01	50260,77	49218,76	49977,12	50099,67
2007	49773,34	50292,10	49250,09	50008,45	50131,00
2008	49795,01	50313,77	49271,76	50030,12	50152,67

Год / обл.	Ивано-Франковская	Харьковская	Херсонская	Хмельницкая	Кировоградская
1955	48156,20	49705,28	48277,54	48403,03	48484,34
1956	48157,53	49706,61	48278,87	48404,37	48485,68
1957	48168,86	49717,95	48290,20	48415,70	48497,01
1958	48190,53	49739,61	48311,87	48437,37	48518,68
1959	48213,20	49762,28	48334,54	48460,03	48541,34
1960	48249,53	49798,61	48370,87	48496,37	48577,68
1961	48284,86	49833,95	48406,20	48531,70	48613,01
1962	48302,53	49851,61	48423,87	48549,37	48630,68
1963	48321,86	49870,95	48443,20	48568,70	48650,01
1964	48342,20	49891,28	48463,54	48589,03	48670,34
1965	48357,86	49906,95	48479,20	48604,70	48686,01
1966	48375,53	49924,61	48496,87	48622,37	48703,68
1967	48401,20	49950,28	48522,54	48648,03	48729,34
1968	48422,53	49971,61	48543,87	48669,37	48750,68
1969	48451,20	50000,28	48572,54	48698,03	48779,34
1970	48472,86	50021,95	48594,20	48719,70	48801,01
1971	48493,86	50042,95	48615,20	48740,70	48822,01
1972	48519,20	50068,28	48640,54	48766,03	48847,34
1973	48550,86	50099,95	48672,20	48797,70	48879,01
1974	48582,20	50131,28	48703,54	48829,03	48910,34
1975	48618,53	50167,61	48739,87	48865,37	48946,68
1976	48650,86	50199,95	48772,20	48897,70	48979,01
1977	48680,86	50229,95	48802,20	48927,70	49009,01
1978	48710,20	50259,28	48831,54	48957,03	49038,34
1979	48735,20	50284,28	48856,54	48982,03	49063,34
1980	48750,20	50299,28	48871,54	48997,03	49078,34
1981	48765,20	50314,28	48886,54	49012,03	49093,34
1982	48784,20	50333,28	48905,54	49031,03	49112,34
1983	48800,86	50349,95	48922,20	49047,70	49129,01
1984	48812,53	50361,61	48933,87	49059,37	49140,68
1985	48829,20	50378,28	48950,54	49076,03	49157,34
1986	48846,86	50395,95	48968,20	49093,70	49175,01
1987	48863,53	50412,61	48984,87	49110,37	49191,68
1988	48886,20	50435,28	49007,54	49133,03	49214,34
1989	48908,86	50457,95	49030,20	49155,70	49237,01
1990	48924,53	50473,61	49045,87	49171,37	49252,68
1991	48940,53	50489,61	49061,87	49187,37	49268,68
1992	48955,86	50504,95	49077,20	49202,70	49284,01
1993	48972,86	50521,95	49094,20	49219,70	49301,01
1994	48995,20	50544,28	49116,54	49242,03	49323,34
1995	49017,86	50566,95	49139,20	49264,70	49346,01
1996	49043,53	50592,61	49164,87	49290,37	49371,68
1997	49069,53	50618,61	49190,87	49316,37	49397,68
1998	49098,86	50647,95	49220,20	49345,70	49427,01
1999	49116,20	50665,28	49237,54	49363,03	49444,34
2000	49129,86	50678,95	49251,20	49376,70	49458,01
2001	49159,20	50708,28	49280,54	49406,03	49487,34
2002	49184,86	50733,95	49306,20	49431,70	49513,01
2003	49209,86	50758,95	49331,20	49456,70	49538,01
2004	49231,53	50780,61	49352,87	49478,37	49559,68
2005	49265,53	50814,61	49386,87	49512,37	49593,68
2006	49293,53	50842,61	49414,87	49540,37	49621,68
2007	49324,86	50873,95	49446,20	49571,70	49653,01
2008	49346,53	50895,61	49467,87	49593,37	49674,68

Год / обл.	Крым	Киевская	Луганская	Львовская	Николаевская
1955	47912,18	48821,49	49569,89	48451,08	48106,11
1956	47913,52	48822,83	49571,23	48452,41	48107,44
1957	47924,85	48834,16	49582,56	48463,75	48118,77
1958	47946,52	48855,83	49604,23	48485,41	48140,44
1959	47969,18	48878,49	49626,89	48508,08	48163,11
1960	48005,52	48914,83	49663,23	48544,41	48199,44
1961	48040,85	48950,16	49698,56	48579,75	48234,77
1962	48058,52	48967,83	49716,23	48597,41	48252,44
1963	48077,85	48987,16	49735,56	48616,75	48271,77
1964	48098,18	49007,49	49755,89	48637,08	48292,11
1965	48113,85	49023,16	49771,56	48652,75	48307,77
1966	48131,52	49040,83	49789,23	48670,41	48325,44
1967	48157,18	49066,49	49814,89	48696,08	48351,11
1968	48178,52	49087,83	49836,23	48717,41	48372,44
1969	48207,18	49116,49	49864,89	48746,08	48401,11
1970	48228,85	49138,16	49886,56	48767,75	48422,77
1971	48249,85	49159,16	49907,56	48788,75	48443,77
1972	48275,18	49184,49	49932,89	48814,08	48469,11
1973	48306,85	49216,16	49964,56	48845,75	48500,77
1974	48338,18	49247,49	49995,89	48877,08	48532,11
1975	48374,52	49283,83	50032,23	48913,41	48568,44
1976	48406,85	49316,16	50064,56	48945,75	48600,77
1977	48436,85	49346,16	50094,56	48975,75	48630,77
1978	48466,18	49375,49	50123,89	49005,08	48660,11
1979	48491,18	49400,49	50148,89	49030,08	48685,11
1980	48506,18	49415,49	50163,89	49045,08	48700,11
1981	48521,18	49430,49	50178,89	49060,08	48715,11
1982	48540,18	49449,49	50197,89	49079,08	48734,11
1983	48556,85	49466,16	50214,56	49095,75	48750,77
1984	48568,52	49477,83	50226,23	49107,41	48762,44
1985	48585,18	49494,49	50242,89	49124,08	48779,11
1986	48602,85	49512,16	50260,56	49141,75	48796,77
1987	48619,52	49528,83	50277,23	49158,41	48813,44
1988	48642,18	49551,49	50299,89	49181,08	48836,11
1989	48664,85	49574,16	50322,56	49203,75	48858,77
1990	48680,52	49589,83	50338,23	49219,41	48874,44
1991	48696,52	49605,83	50354,23	49235,41	48890,44
1992	48711,85	49621,16	50369,56	49250,75	48905,77
1993	48728,85	49638,16	50386,56	49267,75	48922,77
1994	48751,18	49660,49	50408,89	49290,08	48945,11
1995	48773,85	49683,16	50431,56	49312,75	48967,77
1996	48799,52	49708,83	50457,23	49338,41	48993,44
1997	48825,52	49734,83	50483,23	49364,41	49019,44
1998	48854,85	49764,16	50512,56	49393,75	49048,77
1999	48872,18	49781,49	50529,89	49411,08	49066,11
2000	48885,85	49795,16	50543,56	49424,75	49079,77
2001	48915,18	49824,49	50572,89	49454,08	49109,11
2002	48940,85	49850,16	50598,56	49479,75	49134,77
2003	48965,85	49875,16	50623,56	49504,75	49159,77
2004	48987,52	49896,83	50645,23	49526,41	49181,44
2005	49021,52	49930,83	50679,23	49560,41	49215,44
2006	49049,52	49958,83	50707,23	49588,41	49243,44
2007	49080,85	49990,16	50738,56	49619,75	49274,77
2008	49102,52	50011,83	50760,23	49641,41	49296,44



Год/ обл.	Одесская	Полтавская	Ровенская	Сумская	Тернопольская
1955	48158,15	49092,95	48771,52	49315,28	48337,58
1956	48159,48	49094,29	48772,85	49316,61	48338,91
1957	48170,81	49105,62	48784,18	49327,94	48350,25
1958	48192,48	49127,29	48805,85	49349,61	48371,91
1959	48215,15	49149,95	48828,52	49372,28	48394,58
1960	48251,48	49186,29	48864,85	49408,61	48430,91
1961	48286,81	49221,62	48900,18	49443,94	48466,25
1962	48304,48	49239,29	48917,85	49461,61	48483,91
1963	48323,81	49258,62	48937,18	49480,94	48503,25
1964	48344,15	49278,95	48957,52	49501,28	48523,58
1965	48359,81	49294,62	48973,18	49516,94	48539,25
1966	48377,48	49312,29	48990,85	49534,61	48556,91
1967	48403,15	49337,95	49016,52	49560,28	48582,58
1968	48424,48	49359,29	49037,85	49581,61	48603,91
1969	48453,15	49387,95	49066,52	49610,28	48632,58
1970	48474,81	49409,62	49088,18	49631,94	48654,25
1971	48495,81	49430,62	49109,18	49652,94	48675,25
1972	48521,15	49455,95	49134,52	49678,28	48700,58
1973	48552,81	49487,62	49166,18	49709,94	48732,25
1974	48584,15	49518,95	49197,52	49741,28	48763,58
1975	48620,48	49555,29	49233,85	49777,61	48799,91
1976	48652,81	49587,62	49266,18	49809,94	48832,25
1977	48682,81	49617,62	49296,18	49839,94	48862,25
1978	48712,15	49646,95	49325,52	49869,28	48891,58
1979	48737,15	49671,95	49350,52	49894,28	48916,58
1980	48752,15	49686,95	49365,52	49909,28	48931,58
1981	48767,15	49701,95	49380,52	49924,28	48946,58
1982	48786,15	49720,95	49399,52	49943,28	48965,58
1983	48802,81	49737,62	49416,18	49959,94	48982,25
1984	48814,48	49749,29	49427,85	49971,61	48993,91
1985	48831,15	49765,95	49444,52	49988,28	49010,58
1986	48848,81	49783,62	49462,18	50005,94	49028,25
1987	48865,48	49800,29	49478,85	50022,61	49044,91
1988	48888,15	49822,95	49501,52	50045,28	49067,58
1989	48910,81	49845,62	49524,18	50067,94	49090,25
1990	48926,48	49861,29	49539,85	50083,61	49105,91
1991	48942,48	49877,29	49555,85	50099,61	49121,91
1992	48957,81	49892,62	49571,18	50114,94	49137,25
1993	48974,81	49909,62	49588,18	50131,94	49154,25
1994	48997,15	49931,95	49610,52	50154,28	49176,58
1995	49019,81	49954,62	49633,18	50176,94	49199,25
1996	49045,48	49980,29	49658,85	50202,61	49224,91
1997	49071,48	50006,29	49684,85	50228,61	49250,91
1998	49100,81	50035,62	49714,18	50257,94	49280,25
1999	49118,15	50052,95	49731,52	50275,28	49297,58
2000	49131,81	50066,62	49745,18	50288,94	49311,25
2001	49161,15	50095,95	49774,52	50318,28	49340,58
2002	49186,81	50121,62	49800,18	50343,94	49366,25
2003	49211,81	50146,62	49825,18	50368,94	49391,25
2004	49233,48	50168,29	49846,85	50390,61	49412,91
2005	49267,48	50202,29	49880,85	50424,61	49446,91
2006	49295,48	50230,29	49908,85	50452,61	49474,91
2007	49326,81	50261,62	49940,18	50483,94	49506,25
2008	49348,48	50283,29	49961,85	50505,61	49527,91

Год/ обл.	Винницкая	Волынская	Закарпатская	Запорожская	Житомирская
1955	48380,08	48626,82	47794,73	48720,76	48701,81
1956	48381,41	48628,16	47796,07	48722,09	48703,14
1957	48392,74	48639,49	47807,40	48733,42	48714,48
1958	48414,41	48661,16	47829,07	48755,09	48736,14
1959	48437,08	48683,82	47851,73	48777,76	48758,81
1960	48473,41	48720,16	47888,07	48814,09	48795,14
1961	48508,74	48755,49	47923,40	48849,42	48830,48
1962	48526,41	48773,16	47941,07	48867,09	48848,14
1963	48545,74	48792,49	47960,40	48886,42	48867,48
1964	48566,08	48812,82	47980,73	48906,76	48887,81
1965	48581,74	48828,49	47996,40	48922,42	48903,48
1966	48599,41	48846,16	48014,07	48940,09	48921,14
1967	48625,08	48871,82	48039,73	48965,76	48946,81
1968	48646,41	48893,16	48061,07	48987,09	48968,14
1969	48675,08	48921,82	48089,73	49015,76	48996,81
1970	48696,74	48943,49	48111,40	49037,42	49018,48
1971	48717,74	48964,49	48132,40	49058,42	49039,48
1972	48743,08	48989,82	48157,73	49083,76	49064,81
1973	48774,74	49021,49	48189,40	49115,42	49096,48
1974	48806,08	49052,82	48220,73	49146,76	49127,81
1975	48842,41	49089,16	48257,07	49183,09	49164,14
1976	48874,74	49121,49	48289,40	49215,42	49196,48
1977	48904,74	49151,49	48319,40	49245,42	49226,48
1978	48934,08	49180,82	48348,73	49274,76	49255,81
1979	48959,08	49205,82	48373,73	49299,76	49280,81
1980	48974,08	49220,82	48388,73	49314,76	49295,81
1981	48989,08	49235,82	48403,73	49329,76	49310,81
1982	49008,08	49254,82	48422,73	49348,76	49329,81
1983	49024,74	49271,49	48439,40	49365,42	49346,48
1984	49036,41	49283,16	48451,07	49377,09	49358,14
1985	49053,08	49299,82	48467,73	49393,76	49374,81
1986	49070,74	49317,49	48485,40	49411,42	49392,48
1987	49087,41	49334,16	48502,07	49428,09	49409,14
1988	49110,08	49356,82	48524,73	49450,76	49431,81
1989	49132,74	49379,49	48547,40	49473,42	49454,48
1990	49148,41	49395,16	48563,07	49489,09	49470,14
1991	49164,41	49411,16	48579,07	49505,09	49486,14
1992	49179,74	49426,49	48594,40	49520,42	49501,48
1993	49196,74	49443,49	48611,40	49537,42	49518,48
1994	49219,08	49465,82	48633,73	49559,76	49540,81
1995	49241,74	49488,49	48656,40	49582,42	49563,48
1996	49267,41	49514,16	48682,07	49608,09	49589,14
1997	49293,41	49540,16	48708,07	49634,09	49615,14
1998	49322,74	49569,49	48737,40	49663,42	49644,48
1999	49340,08	49586,82	48754,73	49680,76	49661,81
2000	49353,74	49600,49	48768,40	49694,42	49675,48
2001	49383,08	49629,82	48797,73	49723,76	49704,81
2002	49408,74	49655,49	48823,40	49749,42	49730,48
2003	49433,74	49680,49	48848,40	49774,42	49755,48
2004	49455,41	49702,16	48870,07	49796,09	49777,14
2005	49489,41	49736,16	48904,07	49830,09	49811,14
2006	49517,41	49764,16	48932,07	49858,09	49839,14
2007	49548,74	49795,49	48963,40	49889,42	49870,48
2008	49570,41	49817,16	48985,07	49911,09	49892,14

Резкое отклонение величины модуля В (на тысячи нанотесл) наблюдается только в областях интенсивных локальных магнитных аномалий (Криворожские, Кременчугские аномалии, юго-восточное продолжение Курской аномалии и т.д.).

Выполненные исследования пространственно-временной структуры магнитного поля территории Украины важны для решения ряда задач магнитологии и экологии. Магнитное поле Украины является в своем роде уникальным по сравнению с полями других стран Европы как в отношении наличия аномалий регионального и локального класса высокой интенсивности, так и его существенными изменениями во времени.

Этих данных достаточно для оценки в дальнейшем пространственной возмущенности магнитного поля.

## РАЗДЕЛ 4.

### ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ВОЗМУЩЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

В связи с рассмотрением МПЗ в качестве экологического фактора [Орлюк, 2001; Николаев, 1993; Свистун, 2000; Смирнов, 1992], как необходимого компонента существования и жизнедеятельности человека, а так же решения ряда других задач, поставленных в работе, необходима оценка и прогноз его пространственно-временной возмущенности.

Информацию о пространственной возмущенности (аномальности) квазипостоянного магнитного поля можно получить из анализа нормальной  $V_{IGRF}$  и аномальной  $\Delta B_a$  его компонент. Возмущенность (активность) переменной компоненты геомагнитного поля  $\delta B$  оценивается путем анализа  $k$ -индекса (характеризует максимальную амплитуду отклонения поля горизонтальной компоненты  $H$  от спокойного уровня в любом трех часовом интервале) или  $aa$ -индекса (характеризует амплитуду суточной вариации  $H$  – компоненты магнитного поля) [<http://www.swpc.noaa.gov/>; Орлюк, Роменец, 2005].

Существующие способы оценки МПЗ не позволяют использовать всю полноту геомагнитной информации и требуют новых, более универсальных критериев возмущенности (активности) всего спектра наблюдаемого магнитного поля  $B$ . Данный критерий должен быть пригодным как для решения фундаментальных и прикладных проблем геомагнетизма и геофизики, так и для решения экологических задач. Поэтому было решено воспользоваться вторым слагаемым аналитического выражения для функции В.Н.Страхова  $\Delta S = \Delta T(1 + \Delta T/2T_0)$  [Страхов, 2000], а именно, применить при анализе и интерпретации геомагнитного поля отношение  $\Delta B/2V_{IGRF}$ . Здесь  $\Delta B$  – аномалия модуля индукции магнитного поля Земли,  $V_{IGRF}$  – величина нормального магнитного поля Земли. Практически, эта относительная

величина показывает отличие от 1 отношение функции  $\Delta S$  к функции  $\Delta B$ , как это следует из выражения  $\Delta S/\Delta B = 1 + \Delta B/2B_{IGRF}$  [Старостенко и др., 2013].

#### **4.1 Новый критерий оценки пространственно-временной структуры МПЗ.**

Под **пространственно-временной возмущенностью** геомагнитного поля следует понимать его существенные отклонения от определенных пространственно-временных закономерных изменений. Наглядным примером временной возмущенности геомагнитного поля являются магнитные бури ( $50 \div 300$  нТл и больше), которые протекают на фоне солнечно-суточных вариаций ( $10 \div 30$  нТл), а пространственной – интенсивные аномалии ( $500 \div 10000$  нТл и больше) на фоне нормального магнитного поля Земли ( $20000 \div 70000$  нТл).

В связи с вышеизложенным возмущенность МПЗ предлагается оценивать выражением:

$$\Delta D = (B - B_{IGRF})/2B_{IGRF}$$

здесь  $\Delta D$  – пространственная возмущенность геомагнитного поля Земли,  $B$  – внутреннее магнитное поле Земли,  $B_{IGRF}$  – нормальное геомагнитное поле.

В соответствии с выражением  $\Delta D$  – безразмерная величина. Для удобства дальнейшего изложения введем условную единицу возмущенности магнитного поля Земли – Дисторшин (Distortion) ( $1D = 10^5$  у.е). В этом случае величина возмущенности магнитного поля  $\Delta D$  будет близка к величине интенсивности геомагнитного поля  $B$  в нанотеслах.

Оценка возмущенности геомагнитного поля  $\Delta D$  может выполняться либо для отдельных геомагнитных эпох (с использованием  $B_{IGRF}$  для этой эпохи), либо по отношению к какой-то постоянной  $B = \text{const}$ , величина которой характеризуется типом решаемой задачи.

Сразу же оговоримся, что в соответствии с [Орлюк, 2001; Орлюк и др., 2003, 2004, 2005] оценка «экологичности» магнитного поля Земли должна выполняться для его отдельных составляющих. То есть для каждой

составляющей МПЗ должна быть введена своя норма, по отношению к которой и будет выполняться оценка ее возмущенности. Покомпонентная норма магнитного поля  $B$ , естественно должна обуславливаться периодами и ритмикой жизнедеятельности биологических систем, популяций, отдельных индивидуумов и их органов и процессов.

#### 4.2 Возмущенность магнитного поля Земли и территории Украины.

Рассмотрим возмущенность магнитного поля планеты  $\Delta D$  для  $V$ -компоненты международного геомагнитного поля относимости ( $V_{IGRF}$ ) за 1950 и 2000 гг., рассчитанной по сетке  $5^\circ \times 5^\circ$ . Для расчетов (в режиме on-line) использовалась международная модель нормального магнитного поля Земли [DGRF/IGRF Geomagnetic Field Model 1945-2015 and Related Parameters .htm/]. В соответствии с новым критерием расчет величины возмущенности  $V$ -компоненты IGRF выполнен по формуле:

$$\Delta D = (V_{IGRF} - V_{IGRF,cp}) / 2V_{IGRF,cp}$$

Величина среднего значения нормального магнитного поля за 1950 год –  $V_{IGRF,cp,1950} = 47300$  нТл, а за 2000 год равняется  $V_{IGRF,cp,2000} = 45830$  нТл. На рис.4.2.1 приведена величина возмущенности  $V_{IGRF}$  за 1950 год  $\Delta D_{1950}$ , за 2000 год  $\Delta D_{2000}$  (рис.4.2.2.) и ее вековой ход за 50 лет  $\delta(\Delta D) = \Delta D_{2000} - \Delta D_{1950}$  (рис.4.2.3.).

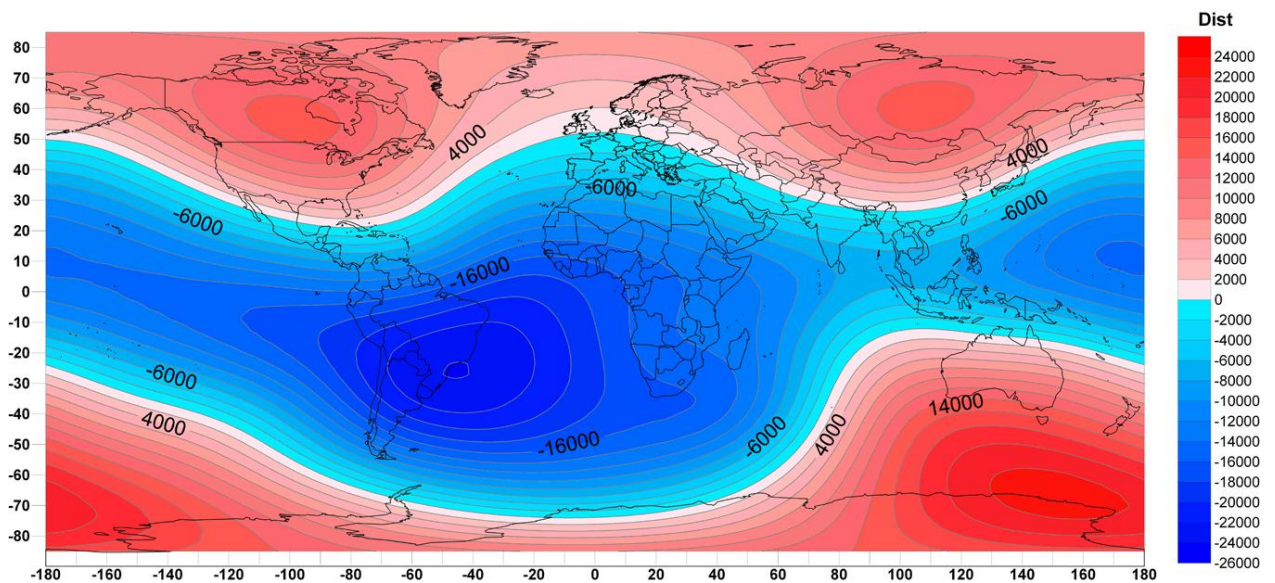


Рис.4.2.1. Пространственная возмущенность магнитного поля Земли за 1950 год –  $\Delta D_{1950}$  Изолинии  $\Delta D$  в дисторшинах: красные – положительные; синие – отрицательные.

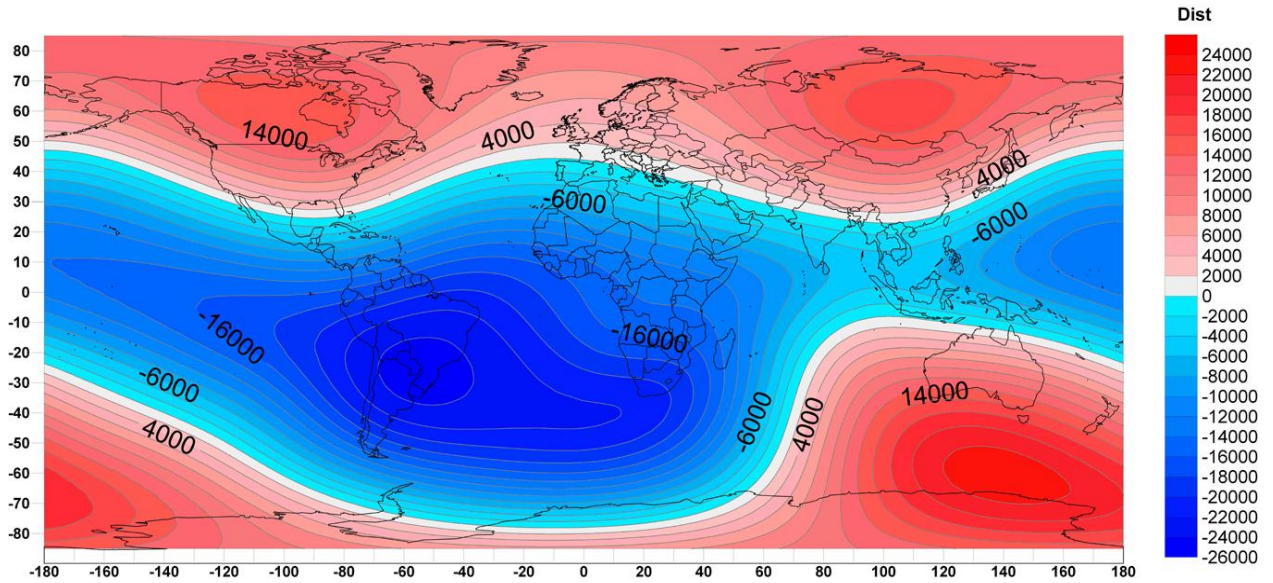


Рис.4.2.2. Пространственная возмущенность магнитного поля Земли за 2000 год –  $\Delta D_{2000}$  Изолинии  $\Delta D$  в дисторшинах: красные – положительные; синие – отрицательные.

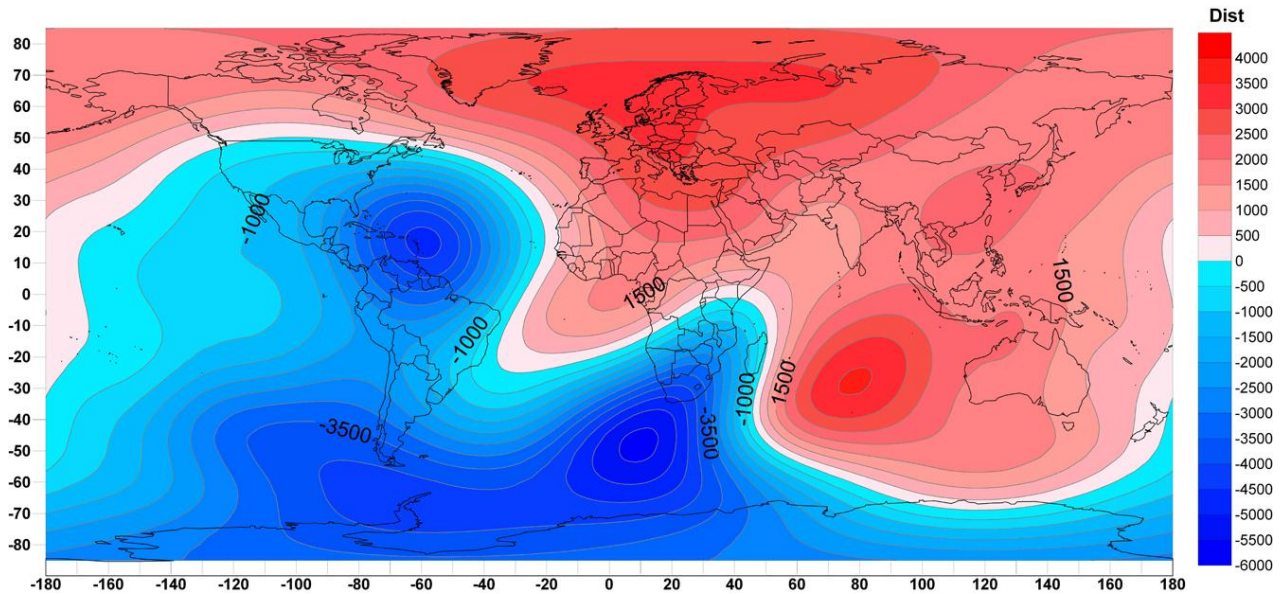


Рис.4.2.3. Вековой ход пространственной возмущенности магнитного поля Земли за 50 лет  $\delta(\Delta D) = \Delta D_{2000} - \Delta D_{1950}$ . Изолинии  $\delta(\Delta D)$  в дисторшинах: красные – положительные; синие – отрицательные.

Возмущенность  $\Delta D$  за 2000 год изменяется от  $\Delta D_{2000} = -25000$  D в районе Бразильского минимума до  $\Delta D_{2000} = +20000 \div +23000$  D в районах Северного и Южного магнитных полюсов, а  $\Delta D$  за 1950 год, соответственно, от  $\Delta D_{1950} = -24000$  D до  $\Delta D_{1950} = +23000$  D. Учитывая уменьшение величины МПЗ за последние 50 лет и, соответственно, изменение его возмущенности, заметим, что наблюдаются несколько центров с минимальными и максимальными величинами  $\Delta D$ . Максимальные положительные величины  $\Delta D$  характерные для областей Северного и Южного полюсов в соответствии с описанными выше областями  $V_{IGRF}$ , а максимальные отрицательные значения  $\Delta D$  – для при экваториальных областей, при этом минимум с интенсивностью  $\Delta D = 22000 \div 25000$  D, расположен в пределах Южной Америки и Атлантике (примерно  $\varphi = 25^\circ$  Ю.Ш.,  $\lambda = 50^\circ$ З.Д. (см.рис.4.2.1.,4.2.2.,4.2.3.). Интересным представляется расположение областей векового хода  $\delta(\Delta D)$ , а именно, выделяются два максимума и два минимума с закономерным расположением как в отношении к глобальным планетарным линеаментам, так и в отношении между собой (рис.4.2.3.). В частности, центр одного из максимумов ( $\delta(\Delta D) = 3000$  D) находится в районе Западной Европы и Северной Атлантики (приблизительно между  $\varphi = 30^\circ \div 70^\circ$  С.Ш. и  $\lambda = 0^\circ \div 30^\circ$  В.Д.). Второй максимум аналогичной интенсивности находится в Индийском океане ( $\varphi = 20 \div 35^\circ$  Ю.Ш. и  $\lambda = 60 \div 80^\circ$  В.Д.). Минимум  $\delta(\Delta D)$  расположен в районе Антильских островов (между  $\varphi = 10 \div 30^\circ$  С.Ш. и  $\lambda = 50 \div 70^\circ$  З.Д.), а также между Атлантическим и Индийским океанами ( $\varphi = 45^\circ \div 75^\circ$  С.Ш.,  $\lambda = 0^\circ \div 20^\circ$  В.Д.).

Как видно из рисунка 4.2.3., Земля делится на две равные полусферы с разным характером векового хода возмущенности магнитного поля  $\delta(\Delta D)$ . В частности Аляска, север Канады, остров Лабрадор, Северная Атлантика, Африка, Индийский океан, Австралия, северо-западная часть Тихого океана, вся Евразия и Северный ледовитый океан характеризуются положительной величиной  $\delta(\Delta D)$ . На этом фоне выделяются два максимума – в Индийском океане и над Европой. Противоположная полусфера характеризуется



отрицательной величиной  $\delta(\Delta D)$ , существенно большей по абсолютным значениям по сравнению с описанной выше. На отрицательном фоне также выделяются два интенсивных минимума – между Африкой, Антарктидой, Атлантическим и Индийским океанами ( $-5500 D$ ) и в районе Антильских островов ( $-5000 D$ ).

*Возмущенность магнитного поля территории Украины.* В соответствии с предложенным критерием

$$\Delta D = (B - B_{IGRF}) / 2B_{IGRF}$$

для территории Украины рассчитана возмущенность магнитного поля  $\Delta D$  за 1950 – 2000 гг. и ее вековой ход  $\delta(\Delta D)$ .

Карты возмущенности магнитного поля за 1950 и 2000 гг.  $\Delta D_{1950}$  и  $\Delta D_{2000}$  представлены на рис.4.2.4.,4.2.5.

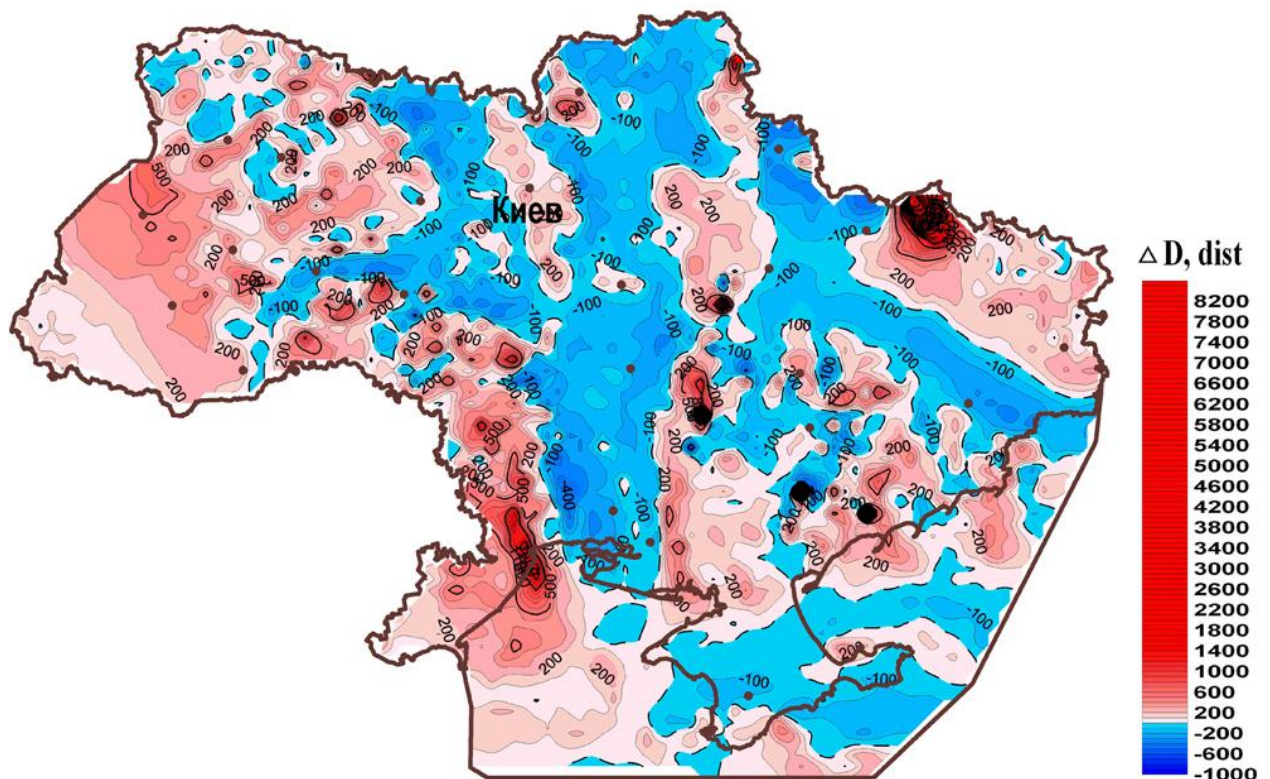


Рис.4.2.4. Возмущенность магнитного поля территории Украины за 1950 г.  $\Delta D_{1950}$ .

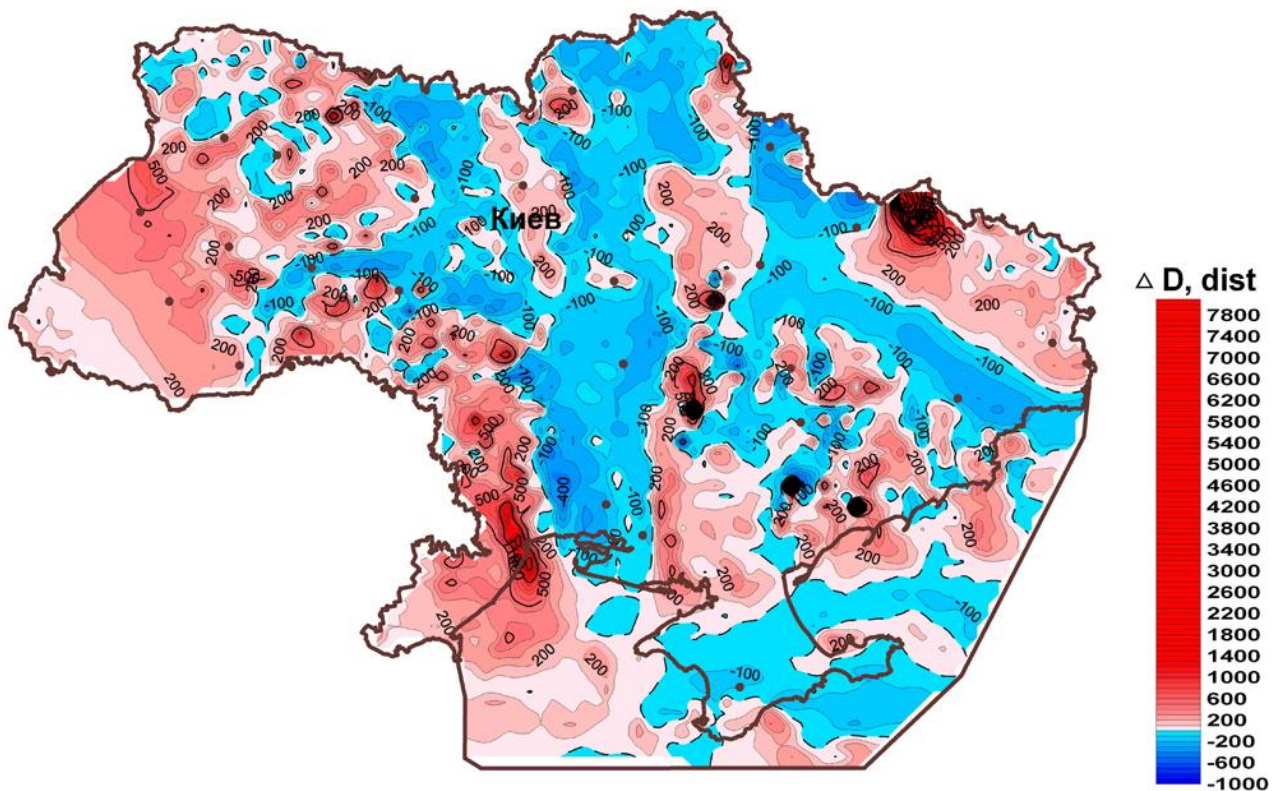


Рис.4.2.5 Возмущенность магнитного поля территории Украины за 2000 г.  $\Delta D_{2000}$ .

Как видно из сопоставления рис.4.2.4. и рис.4.2.5. возмущенность геомагнитного поля  $\Delta D$ , в соответствии с предложенной единицей возмущенности, близка к его интенсивности в нанотеслах.  $\Delta D_{1950}$  изменяется в пределах от  $-1470 D$  до  $11808 D$ , а  $\Delta D_{2000}$  – в пределах от  $-1436 D$  до  $11546 D$ . Максимальные положительные и отрицательные значения приурочиваются к областям распространения интенсивных локальных источников, обусловленных железорудными образованиями. На территории Украины такие породы широко распространены в пределах Криворожского и Кременчугского бассейнов, юго-восточного продолжения Курского железорудного бассейна и т.д.

Вековой ход пространственной возмущенности магнитного поля территории Украины  $\delta(\Delta D) = \Delta D_{2000} - \Delta D_{1950}$  представлен на рис.4.2.6.

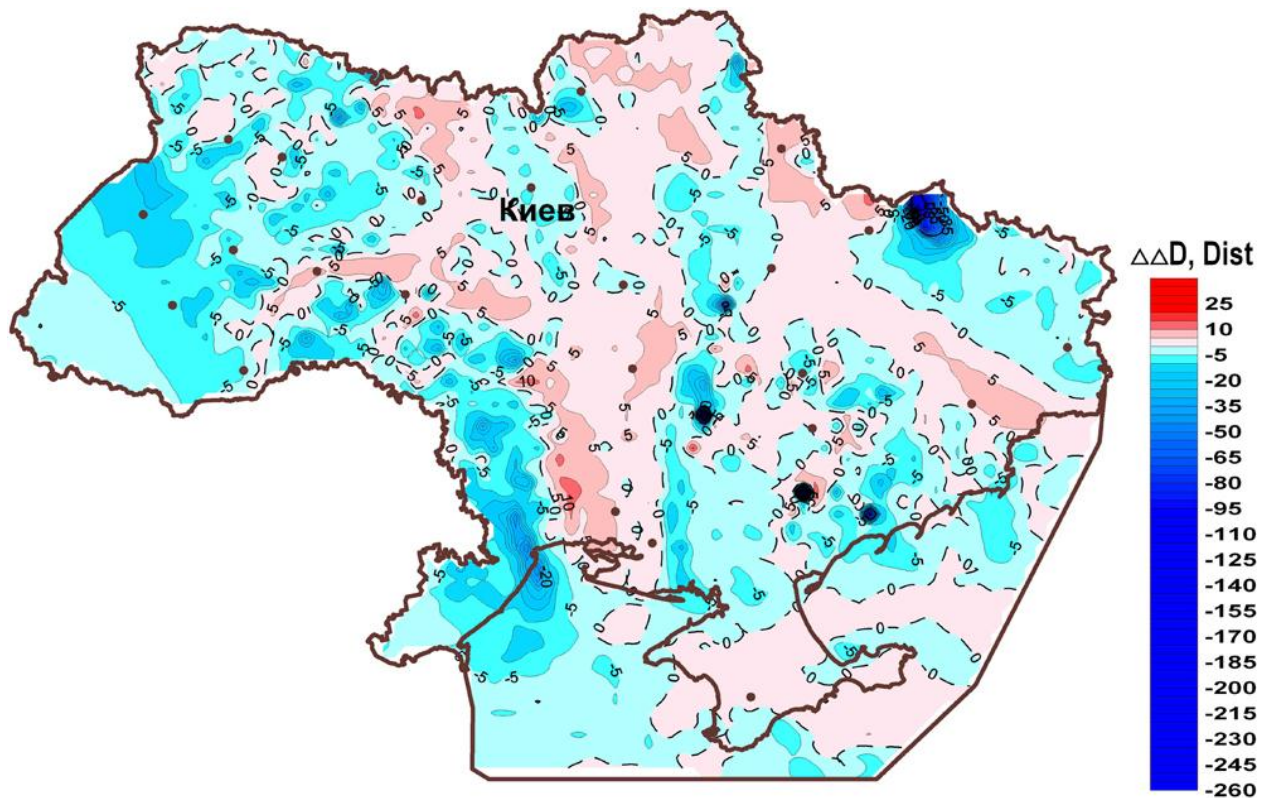


Рис.4.2.6. Вековой ход пространственной возмущенности магнитного поля территории Украины  $\delta(\Delta D) = \Delta D_{2000} - \Delta D_{1950}$ .

Как следует из расчетов, величина  $\delta(\Delta D)$  за 50 лет изменилась в пределах от минус 261 до плюс 34 D. Положительные значения  $\delta(\Delta D)$  наблюдаются в районах минимумов, а отрицательные – в районах максимумов аномалий модуля  $B$ , что обуславливается увеличением геомагнитного поля  $B$  для территории Украины за 50 лет.

Таким образом, в соответствии с предложенным критерием, для территории Украины оценена возмущенность магнитного поля  $\Delta D$ .

#### **4.3 Оценка индукционного подмагничивающего эффекта магнитных источников земной коры территории Украины.**

Оценка вклада тех или иных источников в суммарное магнитное поле Земли важна в связи с выделением отдельных его составляющих в чистом виде, с целью исследования их природы, механизма возникновения и т.д. В частности, для изучения процессов в жидком ядре Земли необходимо

выделить только ту часть поля, которая связана именно с этим объектом, для изучения намагниченности литосферы требуется исключить эффект поля ядра, ионосферных и магнитосферных источников т.е., вычесть из измеренных значений поля. Но проблема состоит в том, что аномалии от различных источников часто перекрываются в широком диапазоне длин волн и интенсивности, так, например, аномалии магнитного поля с длиной в первые тысячи километров могут быть связаны как с ядром, так и с литосферой Земли (хотя бы и частично). Естественно, что еще сложнее разобраться с природой источников вариаций магнитного поля Земли, как длинно- так и короткопериодных. Часто вариации внешнего и внутреннего происхождения взаимозависимы и обуславливают друг друга. Таковыми являются, например, геомагнитные вариации, индуцированные в земной коре как за счет изменения поля ядра, так и за счет ионосферно-магнитосферных источников поля, подмагничивающий эффект за счет суточных вариаций и т.д. Поэтому в данном разделе рассмотрены некоторые аспекты разделения внутренних и внешних источников магнитного поля Земли, а также дана оценка вклада различных источников в суммарное поле и его вариации. Для решения поставленной задачи были использованы, прежде всего, результаты наблюдений на украинских обсерваториях, в которых регистрируются суммарные значения компонент магнитного поля от внутренних и внешних источников.

Величина нормального поля  $V_{IGRF}$  была рассчитана по модели IGRF 1945-2015 Model Coefficients 2015. Это поле в дальнейшем использовано нами для оценки подмагничивающего эффекта в вековые вариации магнитного поля SV.

Для ГО «Киев», «Львов» и «Одесса» с использованием нового критерия оценки возмущенности МПЗ [Орлюк, Роменец, 2005] рассчитаны аномалии в результате подмагничивающего эффекта в аномалиях SV за счет изменения величины намагничивающего породы поля. Это следует из того,

что в случае обусловленности суммарной намагниченности породы индуктивной компонентой.

$$I_i = \chi H,$$

где  $I_i$  – индуктивная намагниченность,  $\chi$  – магнитная восприимчивость,  $H$  – напряженность магнитного поля, соотношение

$$\Delta D = (B - B_{IGRF}) / 2B_{IGRF} = \Delta B / 2B_{IGRF} = \text{const}$$

должно быть постоянным для любого временного интервала. Поскольку  $\chi$  является const то изменение аномального магнитного поля пропорционально изменению главного магнитного поля Земли, которое в данном случае выступает в роли «внешнего» подмагничивающего поля.

Рассмотрим на примере ГО «Киев»:

Таблица 4.3.1

Расчет величины подмагничивающего эффекта для ГО «Киев».

Год	$B_{IGRF}$	$B$	$\Delta D$	$\Delta Ba$	$\Delta D(\Delta Ba_{cp.})$	
1958,5	48942,4	49060	120,1412	117,6	89,4725228	0
1959,5	48971	49074	105,1643	103	89,42026914	0,052251
1960,5	48998,6	49108	111,6358	109,4	89,36990036	0,10262
1961,5	49025,1	49143	120,2445	117,9	89,32159241	0,150928
1962,5	49051,6	49166	116,6119	114,4	89,27333665	0,199183
1963,5	49078,1	49188	111,9644	109,9	89,225133	0,247387
1964,5	49104,6	49208	105,2855	103,4	89,17698138	0,295539
1965,5	49130,5	49222	93,11935	91,5	89,12997018	0,34255
1966,5	49155,8	49242	87,6804	86,2	89,08409587	0,388424
1967,5	49181	49262	82,34887	81	89,03844981	0,43407
1968,5	49206,3	49286	80,98556	79,7	88,99266964	0,47985
1969,5	49231,6	49306	75,56122	74,4	88,94693652	0,525583
1970,5	49255,2	49329	74,91595	73,8	88,90431873	0,568201
1971,5	49277,3	49353	76,81021	75,7	88,86444671	0,608073
1972,5	49299,3	49380	81,847	80,7	88,82479062	0,647729
1973,5	49321,4	49416	95,90158	94,6	88,78498988	0,68753
1974,5	49343,4	49447	104,9786	103,6	88,74540465	0,727115
1975,5	49370,9	49476	106,4392	105,1	88,69597273	0,776547
1976,5	49403,9	49505	102,3199	101,1	88,63672706	0,835793
1977,5	49436,8	49538	102,3529	101,2	88,57773966	0,89478
1978,5	49469,8	49571	102,2846	101,2	88,51865178	0,953868
1979,5	49502,8	49596	94,13609	93,2	88,45964269	1,012877
1980,5	49527,7	49610	83,08482	82,3	88,41516969	1,05735
1981,5	49544,5	49619	75,18493	74,5	88,38518907	1,087331
1982,5	49561,3	49634	73,34352	72,7	88,35522878	1,117291
1983,5	49578,1	49655	77,5544	76,9	88,32528879	1,147231
1984,5	49594,9	49658	63,61541	63,1	88,29536908	1,177151
1985,5	49609,9	49674	64,60404	64,1	88,26867218	1,203848
1986,5	49623	49690	67,50902	67	88,24537009	1,22715
1987,5	49636,1	49708	72,42712	71,9	88,2220803	1,25044

1988,5	49649,2	49730	81,3709	80,8	88,1988028	1,273717
1989,5	49662,3	49751	89,30315	88,7	88,17553758	1,296982
1990,5	49677,3	49766	89,27619	88,7	88,14891309	1,323607
1991,5	49694,2	49782	88,34029	87,8	88,11893541	1,353585
1992,5	49711,2	49797	86,29846	85,8	88,08880091	1,383719
1993,5	49728,1	49812	84,35874	83,9	88,0588641	1,413656
1994,5	49745	49836	91,46648	91	88,02894763	1,443572
1995,5	49769,4	49855	85,99662	85,6	87,98579047	1,48673
1996,5	49801,2	49886	85,13851	84,8	87,92960812	1,542912
1997,5	49833	49901	68,22788	68	87,87349748	1,599023
1998,5	49864,9	49931	66,27909	66,1	87,8172823	1,655238
1999,5	49896,7	-	-	-	-	-
2000,5	49929,9	-	-	-	-	-
2001,5	49964,6	-	-	-	-	-
2002,5	49999,3	-	-	-	-	-
2003,5	50034	-	-	-	-	-
2004,5	50068,7	50153	84,18433	84,3	87,45983019	2,01269
2005,5	50102,1	50190	87,72087	87,9	87,40152608	2,070994
2006,5	50134	50218	83,77548	84	87,34591295	2,126607
2007,5	50166	50251	84,71873	85	87,29019655	2,182323
2008,5	50198	50283	84,66473	85	87,23455118	2,237969
			$\Delta B_a$ ср. =	<b>87,57609</b>		<b>2,24</b>

На середину каждого года, (см. таблицу 4.3.1.) рассчитаны величины  $B_{IGRF}$ , индукции  $B$ , возмущенности  $\Delta D$  и определены значения  $\Delta B_a$  (рис.4.3.1.).

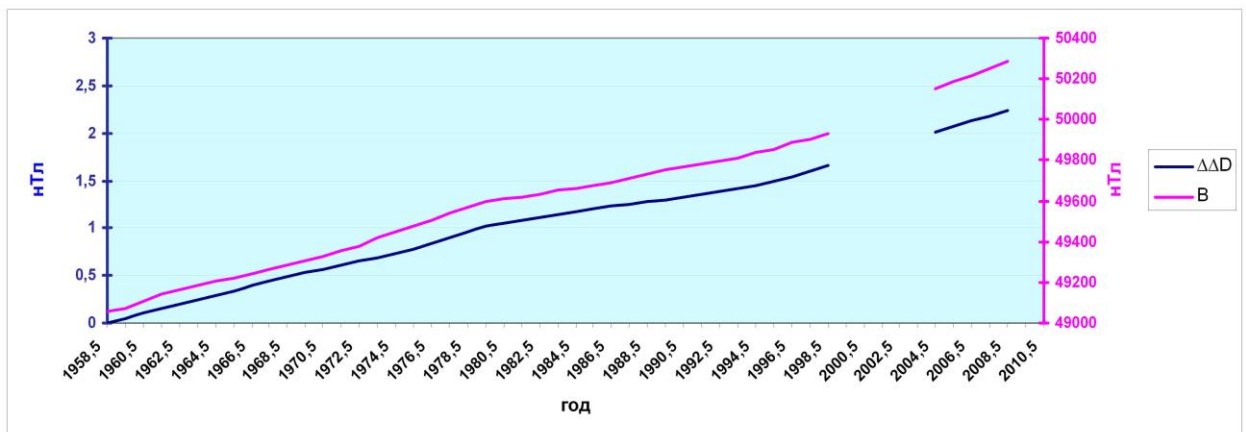
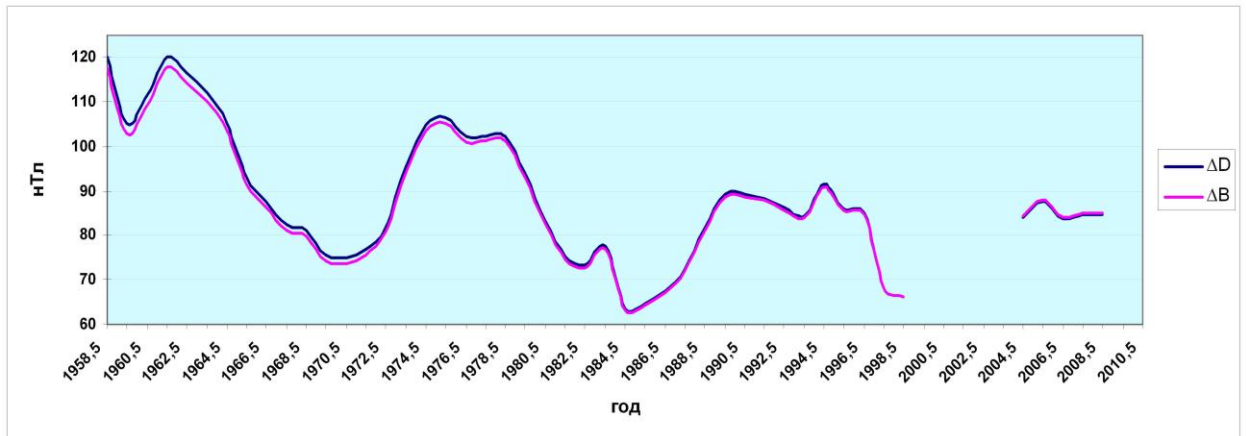


Рис.4.3.1 Графики возмущенности  $\Delta D$ , аномального магнитного поля  $\Delta B_a$ , модуля индукции  $B$  и величины подмагничивающего эффекта для ГО «Киев» для временного интервала 1958 – 2008 гг.

Для разных лет рассчитанные значения  $\Delta B_a$  отличаются, что обусловлено разными причинами. Поэтому были рассчитаны значения  $\Delta D$  по отношению к постоянной величине (среднему  $\Delta B_a$ )  $\Delta D = (87,57609/2B_{IGRF}) * 10^5$ . Заключительным этапом был расчет подмагничивающего эффекта  $\Delta \Delta D$  (с обратным знаком, за счет увеличения поля) за исследуемый временной интервал (Рис.4.3.1).

Расчеты показали, что эта компонента поля за последние 50 лет имеет величину:  $-0,75$  нТл для ГО «Одесса»,  $2,24$  нТл для ГО «Киев» и  $6,3$  нТл для ГО «Львов».

За счет подмагничиваю эффекта оценена величина вклада в суммарные вариации поля магнитных неоднородностей земной коры, который оказался незначительным. Так, эффект от магнитных источников, располагающихся в земной коре районов геомагнитных обсерваторий составляет максимум  $10$  нТл за  $50$  лет, что хорошо согласуется с данными других авторов [Thebault et.al., 2009].

Для подтверждения данного предположения была проведена работа по исследованию динамики Черниговской региональной магнитной аномалии (РМА) на основании измерений модуля индукции геомагнитного поля  $B$  во временном интервале  $2008 - 2012$  гг. За эти четыре года модуль индукции геомагнитного поля  $B$  увеличился на  $140$  нТл. На этом фоне выделены незначительные временные изменения аномалий  $\Delta B$  регионального ( $\delta(\Delta B) < 1,0$  нТл/год) и локального ( $\delta(\Delta B) > \pm 1,5$  нТл/год) характера. Первые из них хорошо интерпретируются подмагничиванием источника магнитной аномалии, а вторые – предположительно флюидными процессами в геодинамически активных глубинных краевых разломах Днепровско-Донецкого рифта.

В большинстве случаев источники региональных магнитных аномалий на глубинах 10 – 40 км имеют намагниченность 0,5 – 4,0 А/м и поперечники 50 – 140 км [Орлюк, 2000; Орлюк, Марченко, 2011]. Малоизученным и дискуссионным остается очень интересный вопрос постоянства РМА во времени [Завойская, Мищенко, 1983; Орлюк и др., 1998; Шапиро, 1982].

В связи с исследованием природы магнитных источников и процессов в земной коре повышенный интерес вызывает выделение и анализ аномалий модуля индукции магнитного поля  $(\Delta V)_a$ . Данные исследования требуют очень точных измерений и скрупулезного учета влияния аномалий – помех как на стадии выделения аномалий  $(\Delta V)_a$ , так и при изучении их динамики.

Черниговская РМА с размерами около 45 x 95 км и интенсивностью до 700 нТл располагается с одной стороны в пределах крайней северо-западной части Днепровско-Донецкого рифта, а с другой – между последним и Припятским рифтом. Район исследований характеризуется дифференцированным магнитным полем, с наличием в его составе региональной и локальной компонент [Орлюк и др., 2014; Пашкевич и др., 1990] (рис.4.3.2.).

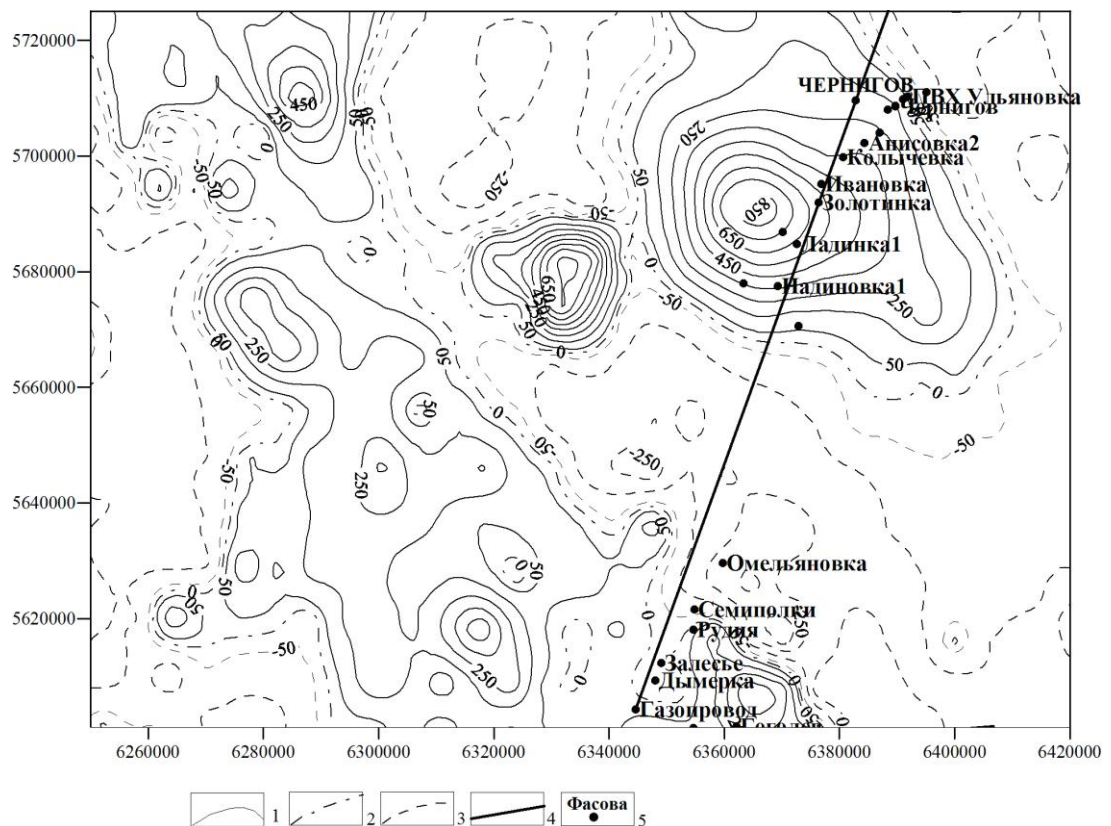




Рис.4.3.2. Аномальное магнитное поле района исследований: изолинии аномального магнитного поля ( $\Delta B$ )<sub>a</sub>: 1–положительные, 2–отрицательные, 3–нулевая; 4–профиль наблюдений, 5–пункты измерений

Аномалии модуля индукции магнитного поля Земли определяются выражением  $\Delta B_a = B - B_{IGRF} - \delta B$ . Вариация магнитного поля  $\delta B$  учитывалась по данным геомагнитной обсерватории «Киев», расположенной менее чем в 100 км от максимально удаленных точек наблюдения. В таблице 4.3.2. приведены наблюдаемые, среднегодовые и аномальные значения модуля индукции для обсерватории с 2006 по 2012 гг., которые свидетельствуют об их изменении соответственно на:  $B_{IGRF} - 201$  нТл,  $B_{ср.} - 209$  нТл, а  $\Delta B_a = 99 \div 109$  нТл.

Таблица 4.3.2.

Модуль индукции  $B$  и аномалии модуля индукции ( $\Delta B$ )<sub>a</sub> для геомагнитной обсерватории «Киев».

Год	$B_{ср.год}$	$B_{IGRF}$	$\Delta B_a$
2006	50218,76	50115	103,76
2007	50250,91	50148	102,91
2008	50281,93	50180	98,93
2009	50312,47	50212	100,47
2010	50346,55	50244	102,55
2011	50388,02	50280	105,02
2012	50427,76	50316	108,76

Другим независимым методом изучения динамики геомагнитного поля является приведение аномалий к какому то одному пункту (как правило, обсерватории) путем выполнения синхронных наблюдений модуля индукции  $B$  в пункте наблюдения и на обсерватории и вычисление разницы между ними:

$$\Delta B = B_{п.н.} - B_{обс.}$$

В дальнейшем для одних и тех же пунктов динамика поля вычисляется по выражению:

$$\Delta\Delta B_{(n+1)-n} = \Delta B_{n+1} - \Delta B_n$$

В обоих случаях допускается, что вариация внешнего поля является одинаковой на исследуемой территории. Сложнее обстоит дело с учетом вклада  $B_{IGRF}$ , поскольку и на обсерватории и на пунктах измерения в аномалиях  $\Delta B$  могут проявляться ошибки неверного определения его уровня, а также неоднородного характера его пространственного распределения и измерения.

Работы по измерению модуля индукции магнитного поля  $B$  выполнялись на протяжении 2008 – 2012 гг. вдоль профиля Залесье - Ульяновка северо-восточного простирания (длиной 120 км – 24 пункта), который пересекает Черниговскую РМА. Сразу же отметим, что выбор и заложение точек наблюдения и тем более проведение повторных измерений сопряжены с определенными трудностями, связанными с наличием или возникновением помех антропогенного характера. Поэтому получены несколько отрывочные данные, т.е. не во всех точках удалось выполнить наблюдения, достаточные для вычисления динамики поля за исследуемый временной интервал. Наблюдения геомагнитного поля выполнялось по стандартной для такого типа работ методике, а именно: на каждом пункте, на протяжении 15 – 30 мин с интервалом 0,5 ÷ 1 мин протонными магнитометрами (ММП-203) измерялось значение  $B$ . С целью уменьшения погрешности измерений вычислялось среднее значение поля за измеряемый временной интервал. Естественно, что соответствующие вычисления проводились и для обсерватории «Киев». Для примера в таблице 4.3.3. приведены результаты измерений и вычисления аномалий  $\Delta B$  выполненных в 2012 году (расположение точек см. на рис.4.3.2).

Таблица 4.3.3.

Результаты измерений и вычисления аномалий  $\Delta B$  выполненных в 2012 г.

Название пункта	№ точки	Широта $\phi$ , град.	Долгота $\lambda$ , град.	$B_{\text{набл.}}$ , нТл	$B_{\text{IGRF}}$ , нТл	$B_{\text{обс.}}$ , нТл	$\delta B$ , нТл	$B_{\text{абс.}}$ , нТл	$\Delta B$ , нТл
Дымерка	1	50,59	30,85	50256,3	50319	50444,73	-16,97	50239,33	-79,67
Залесье	2	50,62	30,87	50284,8	50328	50440,45	-12,69	50272,11	-55,89
Рудня	3	50,68	30,94	50440,4	50349	50420,48	7,28	50447,68	98,68
Семиполки	4	50,71	30,94	50353,2	50357	50431,77	-4,01	50349,19	-7,81
Емельяновка	5	50,78	31,01	50043,2	50381	50424,69	3,07	50046,27	334,73
Лемешы	6	50,98	31,10	50188,7	50440	50429,34	-1,58	50187,12	252,88
Подлесная1	7	51,10	31,13	50366	50476	50419,1	8,66	50374,66	101,34
Подлесная2	8	51,15	31,18	50521,2	50493	50418,5	9,26	50530,46	37,46
Надиновка1	9	51,21	31,13	50772,1	50501	50424,81	2,95	50775,05	274,05
Надиновка	10	51,22	31,04	50782,4	50493	50432,94	-5,18	50777,22	284,22
Ладынка1	11	51,28	31,17	51201,1	50522	50430,66	-2,9	51198,2	676,2
Ладынка	12	51,30	31,14	51375,8	50523	50433,09	-5,33	51370,47	847,47
Золотынка	13	51,34	31,23	51077,7	50545	50451,22	-23,46	51054,24	509,24
Ивановка	14	51,37	31,23	50951,5	50552	50447,91	-20,15	50931,35	379,35
Калычевка	15	51,42	31,28	50844	50567	50397,8	29,96	50873,96	306,96
Анисовка2	16	51,44	31,34	50847,2	50580	50405,79	21,97	50869,17	289,17
Анисовка	17	51,45	31,37	50811,5	50589	50410,04	17,72	50829,22	240,22
ПВХ Чернигов	18	51,50	31,41	50672,1	50599	50400,63	27,13	50699,23	100,23
Ульяновка2	19	51,51	31,43	50636,2	50605	50425,38	2,38	50638,58	33,58
Ульяновка1	20	51,51	31,44	50590,7	50608	50418,59	9,17	50599,87	-8,13
ПВХ Ульяновка	21	51,51	31,44	50588,1	50608	50428,49	-0,73	50587,37	-20,63
Старица	22	51,52	31,49	50458,1	50617	50440,09	-12,33	50445,77	171,23
Сновьянка	23	51,55	31,55	50405,3	50628	50428,89	-1,13	50404,17	223,83

В соответствии с вычислениями аномальное магнитное поле  $\Delta B$  на профиле изменяется от  $-335$  нТл до  $847$  нТл. Такие же измерения и вычисления проведены для 2008 г., а также ряда промежуточных лет.

Отметим при этом, что значения поля  $\Delta B$ , полученные нами в ходе измерений и расчетов, достаточно хорошо соответствуют аналогичным значениям, снятым с карты [Карта..., 2002] (при этом, правда, пришлось изменить уровень поля на 50 нТл).

В таблице 4.3.4. приведены результаты вычислений аномального магнитного поля  $\Delta B$  (приведенного к полю  $V_{IGRF}$ ) и аномального поля  $\Delta B_a$  (приведенного к обсерватории «Киев»), а также их динамики за четыре года –  $\delta(\Delta B)_{2012-2008}$  и  $\delta(\Delta B)_{a,2012-2008}$ . В соответствии с измерениями за 4 года наблюдаются следующие величины динамики поля по двум методикам:  $\delta(\Delta B)_{2012-2008}$  изменяется в пределах  $-15,9 \div 5,2$  нТл, а  $\delta(\Delta B)_{a,2012-2008}$  – от минус 7,1 до +12,9 нТл. Полученные кривые изменения поля по двум методикам вычисления отличаются только уровнем поля, величиной примерно 8 нТл (рис.4.3.3).

Поскольку эта разница сохраняется для всех точек вычисления (по отношению к обсерватории), то логично предположить, что она обусловлена именно изменениями в обсерватории «Киев». Анализ данных таблицы 4.3.5., свидетельствующий об увеличении аномалий  $\Delta B$  именно на 8 нТл, позволяет интерпретировать эту величину в первом приближении неоднородным ходом поля  $V_{IGRF}$  в пределах обсерватории по отношению к точкам на профиле. С учетом вышеизложенного можно констатировать незначительные временные изменения аномального магнитного поля, составляющие  $\delta(\Delta B) = -3,8 \div 1,3$  нТл/год. Но при этом намечаются вполне определенные закономерности их пространственного распределения, а именно, можно отметить с одной стороны положительную связь аномалий  $\delta(\Delta B)$  с характером аномального магнитного  $\Delta B$ , а с другой – приуроченность наиболее интенсивных из них к зонам его максимальных градиентов (см. рис.4.3.3.).

Таблица 4.3.5.

Результаты вычислений аномального магнитного поля  $\Delta B$  и аномального поля  $\Delta B_a$ , а также их динамики за 4 года –  $\delta(\Delta B)_{2012-2008}$  и  $\delta(\Delta B)_a, 2012-2008$ .

Название пункта	$\Delta B_{2008}$	$\Delta B_{2012}$	$(\Delta B)_{a,2008}$	$(\Delta B)_{a,2012}$	$\delta(\Delta B)_a, 2012-2008$	$\delta(\Delta B)_{2012-2008}$	$B_{инд}$	$\delta(\Delta B)_{a,2012-2008} - B_{инд}$	$\delta(\Delta B)_{2012-2008} - B_{инд}$
Дымерка	-116,5	-79,67	-216,38	-188,43			0,5		
Залесье	-58,0	-55,89	-148,74	-155,65	2,1	-6,91	0,35	1,7	-7,26
Рудня	93,0	98,68	23,05	19,92	5,7	-3,13	-0,11	5,8	-3,02
Семиполки	-15,3	-7,81	-78,11	-78,57	7,5	-0,46	-0,25	7,8	-0,21
Омельяновка	-334,7	-334,73	-374,49	-381,49	0,0	-7	-0,57	0,6	-6,43
Лемеша		-252,88		-240,64			-0,38		
Подлесная1	28,73	37,46	102,8	102,7	8,7	-0,1	0	8,7	-0,1
Подлесная2		-101,34		-53,1			0,26		
Надиновка1	265,63	274,05	346,7	347,29	8,4	0,59	1,28	7,1	-0,69
Надиновка	279,83	284,22	353,9	349,46	4,4	-4,44	1,2	3,2	-5,64
Ладынка1	665,53	676,2	768,6	770,44	10,7	1,84	3,25	7,4	-1,41
Ладынка	838,83	847,47	942,9	942,71	8,6	-0,19	3,87	4,8	-4,06
Золотынка	498,98	509,24	624,05	626,48	10,3	2,43	3,74	6,5	-1,31
Ивановка	367,63	379,35	500,7	503,59	11,7	2,89	3,6	8,1	-0,71
Каличевка	299,03	306,96	447,1	446,2	7,9	-0,9	2,36	5,6	-3,26
Анисовка2	280,78	289,17	441,85	441,41	8,4	-0,44	1,15	7,2	-1,59
Анисовка	231,93	240,22	401	401,46	8,3	0,46	0,49	7,8	-0,03
ПВХ Чернигов	107,33	100,23	287,4	271,47	-7,1	-15,93	-0,1	-7,0	-15,83
Ульяновка2	29,13	33,58	215,2	210,82	4,5	-4,38	-0,23	4,7	-4,15
Ульяновка1	41,13	-8,13	229,2	172,11			-0,277		
ПВХ Ульяновка	-28,17	-20,63	159,9	159,61	7,5	-0,29	-0,32	7,9	0,03
Старица	-184,17	-171,23	12,9	18,1	12,9	5,2	-0,45	13,4	5,65
Сновянка		-223,83		-23,59			-0,59		

Анализ динамики геомагнитного поля свидетельствует, прежде всего, о том, что какая-то часть его изменений может быть обусловлена эффектом подмагничивания источника Черниговской РМА внешним магнитным полем.

Для проверки этой гипотезы была уточнена магнитная модель земной коры исследуемого региона. За основу при этом взята магнитная модель, разработанная в работах [Орлюк, 2000; Орлюк, Пашкевич, 1994]. В соответствии с построенной моделью Черниговская РМА объясняется источниками консолидированной земной коры: верхний распространяется от

глубины кристаллического фундамента, залегающего здесь на глубинах 3 ÷ 4 км, до слабого отражающего горизонта на глубине 13 км, а нижний – от последнего до поверхности Мохоровичича (40 ÷ 41 км) (рис.4.3.3). Магнитная восприимчивость (намагниченность) верхнего источника имеет величину  $\chi = 0,041$  ед.СИ ( $J = 1,65$  А/м), а нижнего –  $\chi = 0,053$  ед.СИ ( $J = 2,1$  А/м) (см.рис.4.3.3).

Используя полученную модель, а также линейную зависимость индуктивной составляющей от величины намагничивающего поля ( $J = \chi * H_e$ ) можно рассчитать соответствующий эффект подмагничивания пород земной коры за счет изменения величины главного магнитного поля Земли  $V_{IGRF}$ . С учетом того, что для временного интервала с 2008 по 2012 гг. намагничивающее поле изменилось на 170 нТл, максимальная величина индукционного эффекта составляет 4,5 нТл. при интенсивности аномального магнитного поля 750 нТл. Естественно, что поведение кривой за счет подмагничивания соответствует характеру аномального магнитного поля и его величина в пределах профиля изменяется от 4 нТл. до –0,5 нТл (см. рис.4.3.3). Данный эффект был исключен из аномалии  $\delta(\Delta B)$ , в результате чего в остаточной кривой остались незначительные его величины для большей части профиля (в пределах  $\pm 0,5$  нТл/год) и только в ряде мест наблюдаются значимые локальные изменения (более  $\pm 1.0$  нТл/год) (см. табл.4.3.5., рис.4.3.3).

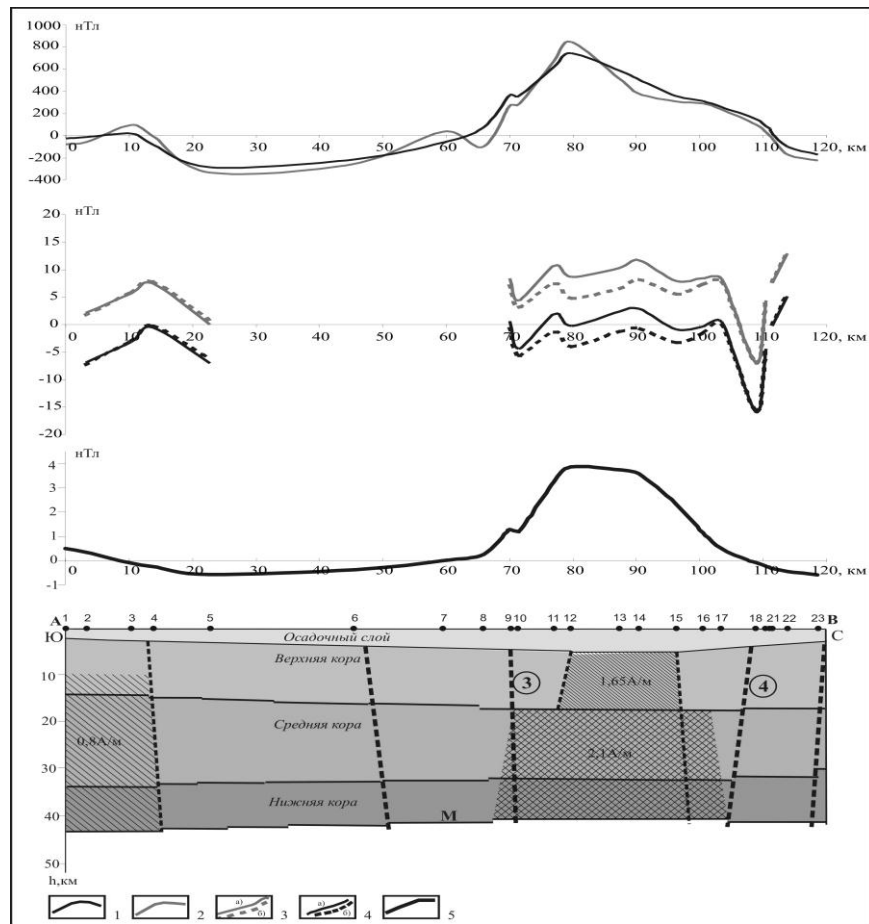


Рис. 4.3.3. Магнитная модель земной коры Черниговской региональной магнитной аномалии вдоль профиля А-В. Графики аномального магнитного поля: 1 –  $\Delta V$  измеренное в 2012 г; 2 –  $\Delta V$  с карты аномального магнитного поля; 3 – Динамика аномалий модуля индукции  $\delta(\Delta V)$  с 2008 по 2012 гг. (а – рассчитанная величина, б – с учетом поправки за подмагничивающий эффект); 4 – Динамика аномалий модуля индукции  $\delta(\Delta V)_a$  с 2008 по 2012 гг. (а – рассчитанная величина, б – с учетом поправки за подмагничивающий эффект); 5 – подмагничивающий эффект источников Черниговской РМА для временного интервала с 2008 по 2012 гг.

В результате интерпретации данных измерений и вычислений установлены следующие закономерности:

1. Увеличение за исследуемый временной интервал модуля индукции геомагнитного поля  $B$  на 140 нТл (35 нТл/год), причем эти изменения почти полностью обусловлены главным магнитным полем Земли  $B_{IGRF}$ .

2. На фоне существенного общего увеличения геомагнитного поля выделены незначительные временные изменения аномалий  $\Delta B$  регионального ( $\delta(\Delta B) < 1,0$  нТл/год) и локального ( $\delta(\Delta B) > \pm 1,5$  нТл/год) характера.

3. Расчетная величина индукционного эффекта от сложного магнитного источника (в пределах  $-0,5 \div 4,0$  нТл) хорошо описывает изменения аномалий  $\delta(\Delta B)$  регионального характера.

С использованием нового критерия оценки возмущенности МПЗ в результате подмагничивающего эффекта рассчитаны аномалии и для всей территории Украины для временного интервала 1950 – 2000 гг.

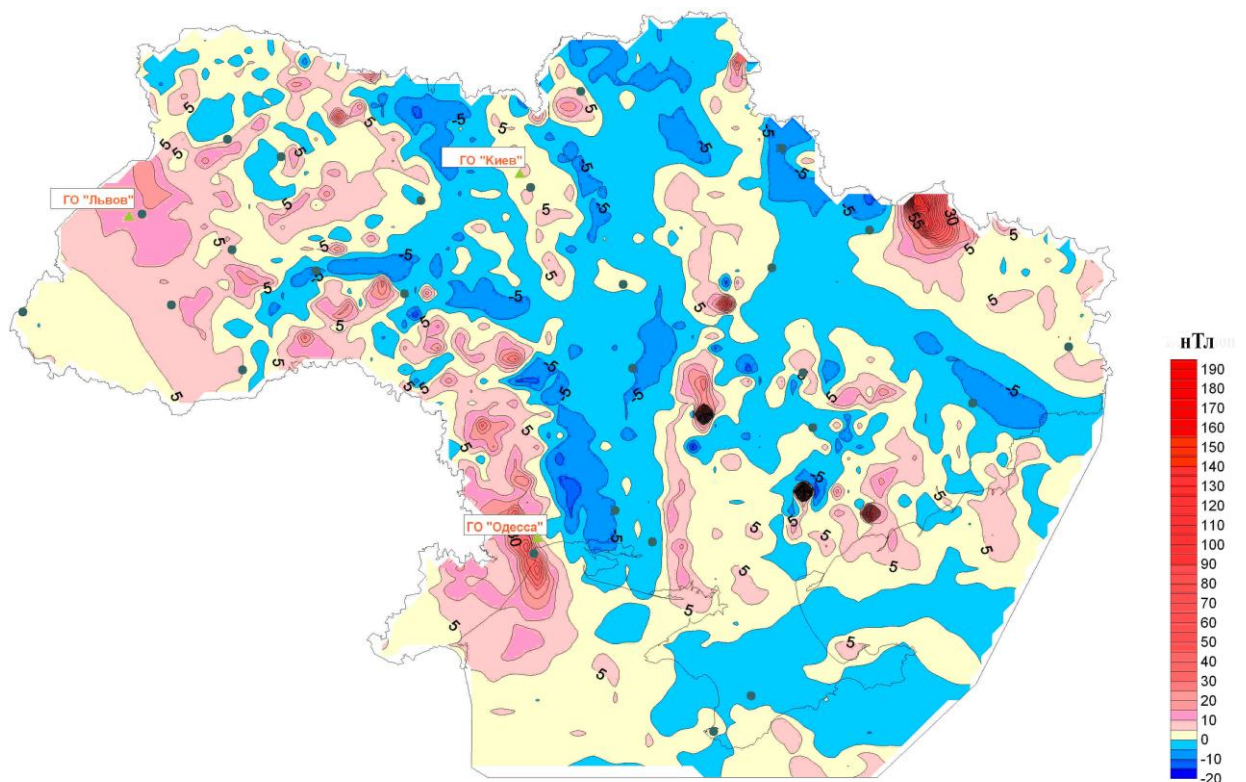


Рис.4.3.4. Карта величины подмагничивающего эффекта территории Украины для интервала 50 лет (1950 – 2000 гг.).



В целом для территории Украины (рис.4.3.4.), в областях интенсивных магнитных аномалий (Курская, Криворожская, Одесская и т.д.) этот эффект может достигать десятков и даже сотен нанотесл [Орлюк, Роменец, 2005].

Суммируя вышеизложенное, можно констатировать, что магнитное поле Земли территории Украины существенно изменяется как в пространстве, так и во времени с большим вкладом внутренних источников для длиннопериодных, а внешних – для короткопериодных его вариаций.

Следовательно, предложена методика оценки вклада внешних и внутренних источников в аномалии векового хода и получены первые числовые оценки.

#### **4.4 «Экологическая норма» магнитного поля.**

В связи с рассмотрением МПЗ в качестве экологического фактора, как абсолютно необходимого компонента существования и жизнедеятельности человека, необходимо введение соответствующей «экологической нормы», которая могла бы характеризовать степень воздействия МПЗ на живые организмы.

Магнитное поле Земли (МПЗ) является первым из физических полей, зафиксированных человеком с помощью элементарных магнитных компасов и широко используемым в дальнейшем мореходами. К настоящему времени благодаря исследованиям магнитологов, биологов и медиков относительно воздействия МПЗ на развитие человека, животных, бактерий, растений, стало ясно, что без МПЗ существование биологических систем на Земле не возможно. Исследования многих ученых [Головин и др. 2001; Осипова, 1995; Жерновой и др. 1992; Кужко и др. 1985] показали что воздействие магнитного поля оказывает седативное, гипотензивное, противовоспалительное, противоотечное, болеутоляющее и трофикорегенераторное действие, улучшает микроциркуляцию и регионарное кровообращение, благоприятно влияет на иммунореактивные и нейровегетативные процессы. В частности показано, что пребывание человека в условиях существенно ослабленного МПЗ, по сравнению с МПЗ, в

котором организм человека эволюционно развивался, и формировались его адаптационные механизмы, приводит к различным нарушениям обменных процессов в организме и снижению защитных функций организма [Сердюк, 1977; Сердюк та ін., 2010; Никитина, 2004; Бугримов, 2000]. В работе [Непомнящих и др., 1997] приводятся данные исследований с мышами, помещенными в гипоманнитное (ослабленное) поле. Уже через 24 часа были обнаружены изменения тканевой архитектоники. Изменения на внутриклеточном уровне были обусловлены нарушением процессов внутриклеточной регенерации. А мышата, зарождающиеся в гипоманнитном поле, рождаются лысыми. Имеются данные о прекращении нести яйца при помещении кур в железобетонные курятники, про возможные связи между заболеваемостью ВРХ на лейкоз и магнитным полем Земли, про влияние геомагнитного поля и намагниченности воды на технологические показатели кур-бройлеров и т.п. [Демецкий, 1989; Орлюк та ін., 2012; Засєкін та ін., 2013].

Очень интересными представляются измерения магнитного поля внутри различных объектов, которые и являются «средой обитания» современного человека, в основном жителей городов [Орлюк, Роменець, 2004; Резинкина и др., 2009; Евстафьев и др., 2007; Думанський та ін., 2008].

В работах [Холодов, 1982; Походзей, 2004; Розов и др., 2008; Розов и др., 2013] показано, что ослабленное статическое геомагнитное поле (гипогеомагнитное поле), создаваемое в помещениях современных зданий стальными элементами строительных конструкций, отрицательно воздействует на здоровье людей. Поэтому в ряде стран приняты государственные санитарные нормы по предельно допустимым уровням статического геомагнитного поля для жилых, производственных и общественных помещений [Гипогеомагнитные поля..., 2009; Шандала и др., 1990; Державні санітарні норми..., 1996]. Они характеризуются коэффициентом ослабления уровня геомагнитного поля, составляющим не

более 1,5 для жилых и общественных помещений (без ограничения времени пребывания) и не более 2 для рабочих мест (8 часов в сутки).

Аналогичные ограничения по экстремальному отклонению статического магнитного поля от естественного в жилых помещениях (не более чем на 20000 нТл) рекомендованы международным стандартом SBM-2008 [Standard of Building Biology Testing Methods, 2008]. Этот стандарт содержит руководящие принципы по биологическим рискам, возникающим в спальнях районах, и широко используется в качестве руководящего документа при независимом тестировании домов в Европе, США, Канаде, Австралии. Работы по исследованию и нормализации уровня ослабления геомагнитного поля ведутся и в Украине [Розов и др., 2008; Сердюк та ін., 2010; Розов и др., 2007; Розов и др., 2009].

Нужно отметить, что изменения геомагнитного поля в различного рода помещениях изучены недостаточно, как в части изучения физики этого явления, так и в части накопления экспериментальных данных по реальным уровням величины геомагнитного поля в жилых и общественных помещениях Украины [Розов и др., 2013].

Нами были исследованы квартиры в кирпичных домах постройки начала и реконструированные в конце XX-го столетия. Дома расположены в г. Киеве, на ул. Артема 33-б, кв.4 (1-й этаж) и на ул.Чеховской 6, кв.4 (3-й этаж) [Орлюк, Роменець, 2004].

Магнитные измерения выполнены трехкомпонентным феррозондовым магнитометром LEMI-008. Измерялись X, Y, Z- компоненты геомагнитного поля В. Модуль В вычислялся по формуле  $B = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2}$ .

Магнитное поле измеряно в более чем 35 точках и изменяется в пределах от 14974 нТл до 73138 нТл. Разница между максимальным и минимальным значением составляет 58164 нТл, что больше величины естественного поля для территории Украины, а вертикальный градиент достигает около 20000 нТл/м. Искажения поля обусловлены, в основном, железобетонными перекрытиями, «сантехническими» и «мебельными»

объектами, вблизи которых магнитное поле Земли может существенно изменяться.

Так же магнитное поле измеряно поэтажно, на площадках возле лифта (таблица 4.4.1.). В кабине лифта, при его движении, значение поля изменяется в пределах  $B = 22000 - 41000$  нТл, в связи с пересечением им железобетонных этажных перекрытий.

Таблица.4.4.1

## Величина магнитного поля по этажам.

Номер этажа	Значение В в нТл
1	36700
2	36700
3	50532
4	48800
5	45600
6	46300
7	47000
8	48000
9	46800
10	42000
11	46400
12	45000
13	47700
14	41400
15	44000
16	45664

Поле В в автобусе «Икарус» в зависимости от положения датчика изменяется в пределах  $B = 24000 \div 47500$  нТл.

Исследованиям изменений магнитного поля в транспорте и электротранспорте посвящено много работ [Никитина и др., 2002; Серпов,

2005; Никитина и др., 2002]. Автором так же проводились измерения вариаций магнитного поля в метро на отрезке станций «Берестейская» – «Академгородок». С помощью программного обеспечения MagneticSolution на базе Android измерения магнитного поля выполнялись в движении с регистрацией магнитного поля в мкТл и дальнейшей графической визуализацией путем несложных преобразований числовых данных.

Заметим, что программа, которая сохраняет измерения магнитометра, автоматически исключает значения нормальной компоненты величиной 44 мкТл. На графике четко видны пики и периоды возрастания магнитного поля в пределах  $40 \div 350$  мкТл на станциях метро. Заметим, что прежде всего индукция  $B$  обуславливается электродвигателями, расположенными в центре каждого вагона, и которая резко возрастает во время ускорения поезда. Однако кроме электродвигателя поезда на величину  $B$  влияют также подземные коммуникации, конструкции туннелей метро. А также наземная инфраструктура. Это четко видно из графика, в частности, на станции метро «Святошин», расположенной в районе крупной транспортной развязки. На графике хорошо виден большой интервал с высокими значениями индукции  $B$  [Роменец, Орлюк, 2013].

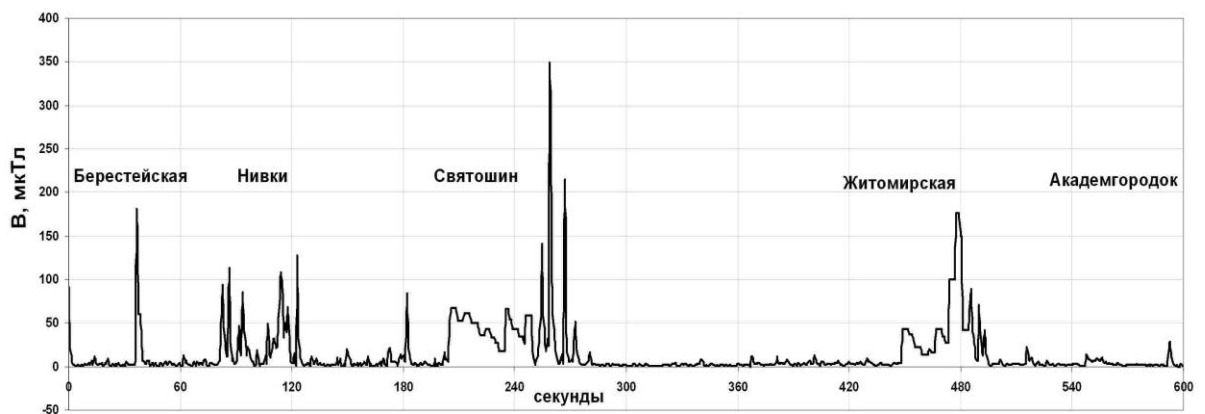


Рис.4.4.1 Вариации индукции магнитного поля  $B$  в вагоне метро на участке станций «Берестейская» – «Академгородок».

Таким образом, измерения магнитного поля  $B$  внутри различных объектов (квартирах, кабинетах, цехах, метро) показали резкое изменение его

величины в разных точках, а это, в свою очередь может негативно (или позитивно?) влиять на организм человека.

Следовательно, разработка «экологической нормы» для геомагнитного поля является актуальной проблемой для оценки возмущенности, и, соответственно, прогноза, предупреждения, анализа ряда заболеваний, разработке нормативной базы, а так же соответствующих стандартов и рекомендаций.

Определение величины «экологической нормы» (ЭН) интенсивности магнитного поля должно следовать из анализа нормальной компоненты МПЗ. Как было отмечено в предыдущих разделах, величина нормальной компоненты МПЗ различна на земном шаре и изменяется от  $\approx 60000 \div 70000$  нТл на магнитном полюсе до  $\approx 20000 \div 30000$  нТл на экваторе.

Если принять минимальные и максимальные значения на планете в первом приближении за современные пределы изменения величины  $V_{IGRF}$ , то средняя величина  $V_{IGRF}$  может быть принята за «норму» и равняться 45000 нТл, которая при дальнейших исследованиях может корректироваться [Орлюк, Роменец, 2005]. Следует отметить, что необходима так же организация медико-статистических, теоретических и экспериментальных исследований по определению механизмов влияния на живые организмы искажений геомагнитного поля и научного обоснования безопасных уровней ослабления – усиления магнитного поля, которые можно квалифицировать как комфортные и предельно допустимые.

Исторический аспект данного вопроса свидетельствует о том, что поколения людей формировались и рождались сотни лет назад, когда напряженность магнитного поля была выше, чем сейчас. В частности 2000 лет назад напряженность магнитного поля на планете была около 100000 – 120000 нТл, то есть в два раза больше современного. Многие люди проживают в местах расположения крупных магнитных аномалий (например, Курской), где напряженность в современное время достигает таких же

величин, и, соответственно, организм формировался (формируется) под влиянием соответствующих магнитных полей.

Предложив «экологическую норму», отметим, что в современный век технического развития цивилизации мы практически постоянно находимся в условиях в большей или меньшей степени отличных от этой нормы [Горшенина, Фрумкис, 1974; Пресман, 1971; Реутов, Литвиенко, 1987; Сидякин, 1980; Травкин, 1971; Уразаев, 1978; Эйди и др., 1989].

В частности, более 50% горожан проживают и работают в железобетонных зданиях, где геомагнитное поле Земли очень сильно изменяется, как было показано выше, что не может не сказываться на их общем состоянии. И все мы, находясь в современных домах, в автомобилях, автобусах, железнодорожном транспорте, морских судах, соответственно находимся в достаточно агрессивных средах обитания. Налицо факт существенного искажения структуры геомагнитного в пределах строений и сооружений за счет металлических каркасных конструкций и предметов мебели. Кроме того, мы повседневно сталкиваемся с проблемой неравномерного распределения напряженности магнитного поля по земному шару, наличия магнитных аномалий с достаточно высокой напряженностью магнитного поля, как естественного, так и искусственного происхождения.

Нужно заметить, что рассмотрение явления с наиболее общих позиций избавляет автора от принципиальных ошибок, которые могут обуславливаться абсолютизацией отдельных мелких деталей.

#### **4.5. Экологическая возмущенность магнитного поля Земли.**

Экологический аспект возмущенности основывается на предложенной «экологической норме» величины нормальной компоненты геомагнитного поля  $V_{IGRF}$ , которую мы принимаем равной  $V_{экол} = 45000$  нТл и оценки по отношению к ней возмущенности магнитного поля.

Тогда для произвольной точки на поверхности планеты пространственно-временная возмущенность геомагнитного поля будет определяться выражением:

$$\Delta D_{\text{экол.}} = (V_{\text{IGRF}} - V_{\text{экол.}}) / 2V_{\text{экол.}}$$

$\Delta D_{\text{экол.}}$  – «экологическая» возмущенность МПЗ,  $V_{\text{экол.}} = 45000$  нТл – «экологическая норма» интенсивности нормального поля Земли  $V_{\text{IGRF}}$ .

Рассмотрим оценку  $\Delta D_{\text{экол.}}$  на примере нормальной компоненты  $V_{\text{IGRF}}$  для 1950 и 2000 годов.

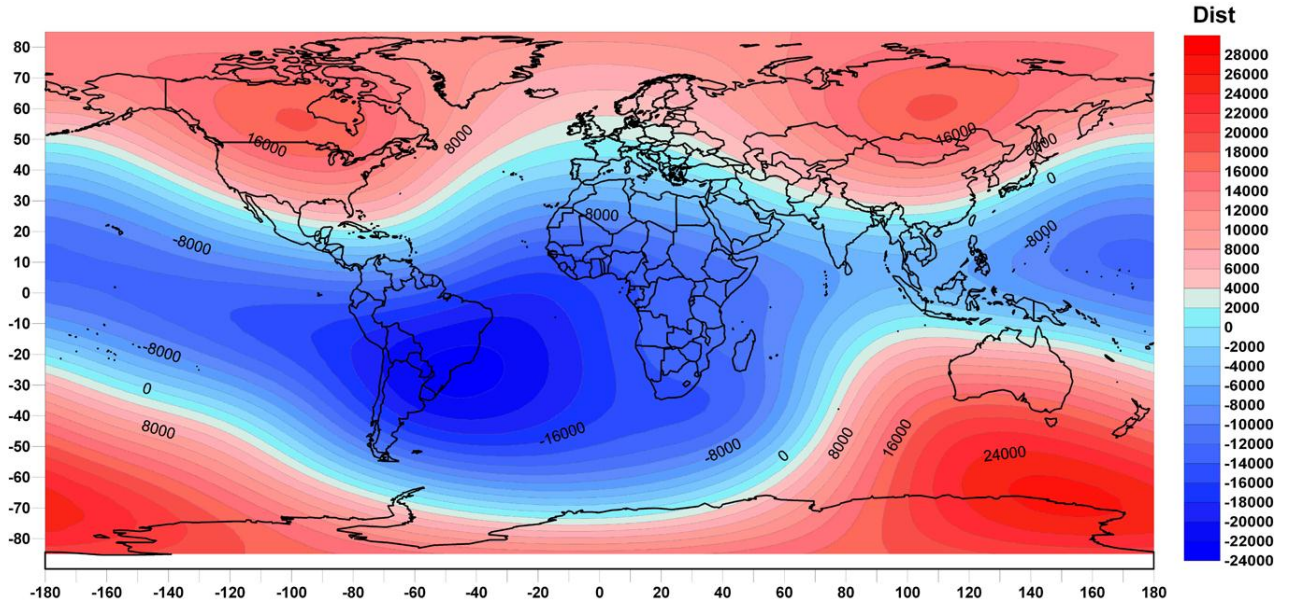


Рис.4.5.1. Экологическая возмущенность магнитного поля Земли за 1950 год –  $\Delta D_{\text{экол.1950}}$

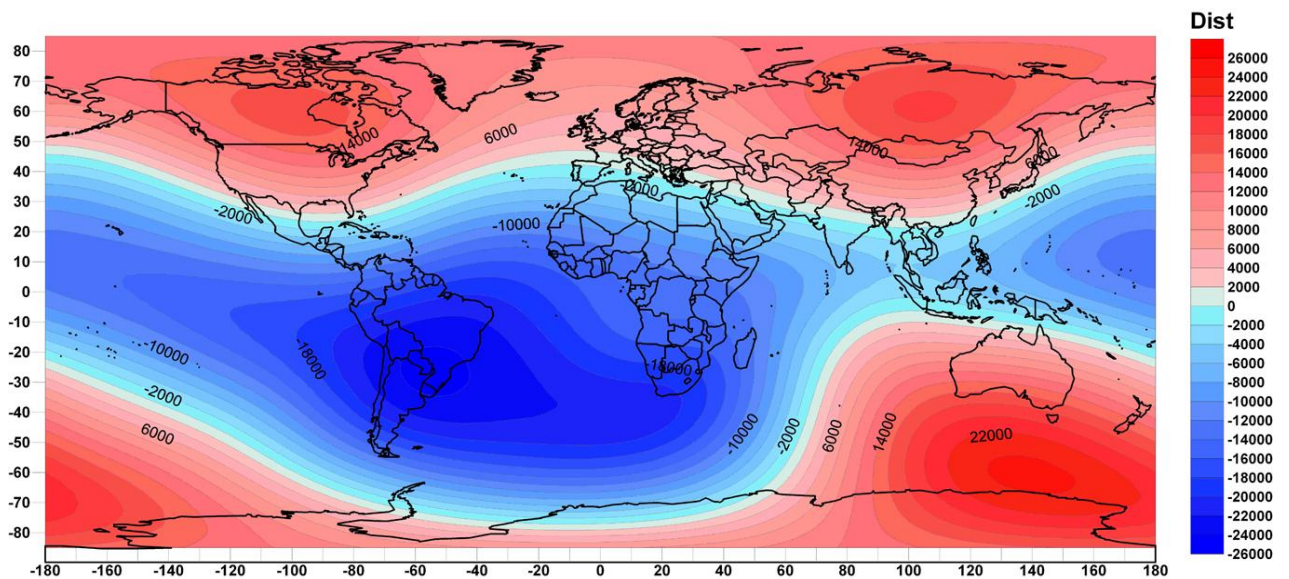


Рис.4.5.2. Экологическая возмущенность магнитного поля Земли за 2000 год –  $\Delta D_{\text{экол.2000}}$



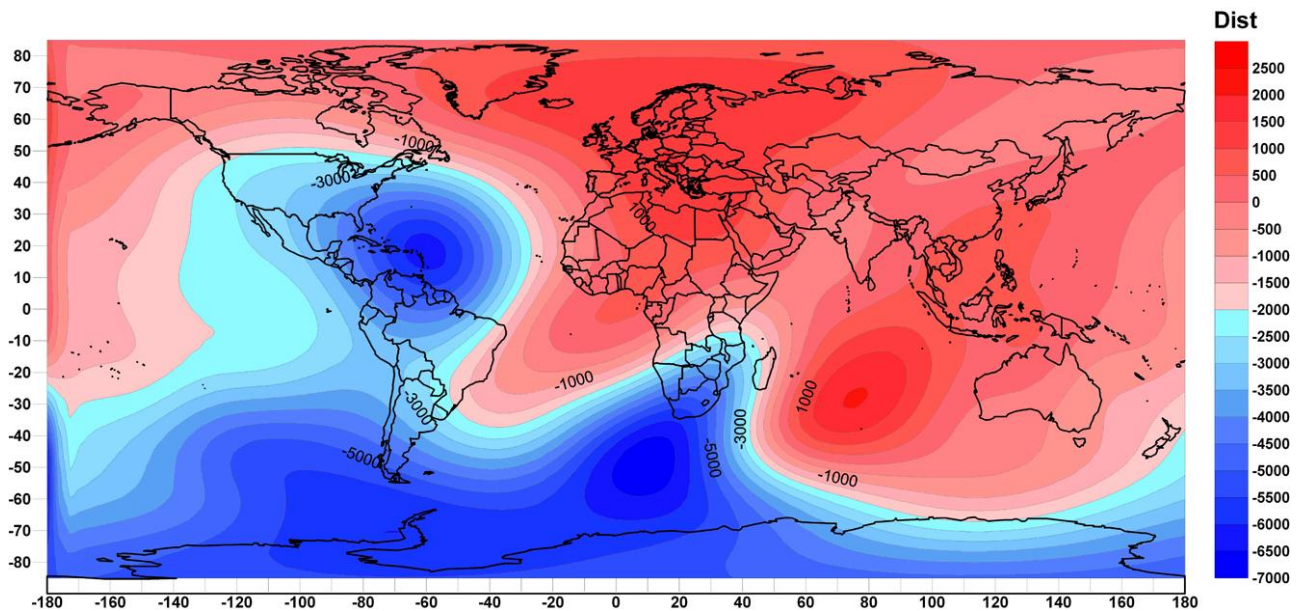


Рис.4.5.3. Динамика экологической возмущенности магнитного поля Земли

$$\delta(\Delta D)_{\text{экол.}} = \Delta D_{\text{экол.2000}} - \Delta D_{\text{экол.1950}}$$

Экологическая возмущенность магнитного поля за 1950 год изменяется в пределах  $\Delta D_{\text{экол.1950}} = -22700 \text{ D} \div +26500 \text{ D}$ , а за 2000 год –  $\Delta D_{\text{экол.2000}} = -24500 \text{ D} \div +24600 \text{ D}$ . Пространственное распределение экологической возмущенности геомагнитного поля для этих лет представлено на рис.4.5.1. и рис.4.5.2. Здесь же представлена динамика данной величины за 50 лет (рис.4.5.3.), которая изменяется в пределах  $\delta(\Delta D)_{\text{экол.}} = -6900 \text{ D} \div +2000 \text{ D}$ . Интересным представляется пространственное положение областей с экстремальными величинами  $\delta(\Delta D)_{\text{экол.}}$ . Наибольшие изменения (в сторону уменьшения) характерны для области Антильских островов и Карибского бассейна, а также для субширотной полосы, совпадающей в первом приближении с океанскими акваториями между Антарктидой с одной стороны, Южной Америкой и Африкой – с другой стороны (см. рис.4.5.3.). Положительные величины  $\delta(\Delta D)_{\text{экол.}}$ , существенно меньшие по сравнению с отрицательными, характерны для Европы и Северной Атлантики, а также для Индийского океана.

Исходя из принятой для человека нормы  $V_{\text{экол.}} = 45000 \text{ нТл}$ , возмущенность магнитного поля  $\Delta D_{\text{экол.}} = 0.0 \text{ D}$  также является нормой. Далее

примем в качестве допустимого отклонения от нормы  $\Delta D_{\text{экол}} = \pm 10000$  D. Тогда с этих позиций можно определить на планете области с нормальными величинами возмущенности геомагнитного поля, так и с ее существенными отклонениями от предложенной нормы (рис. 4.5.4., 4.5.5.).

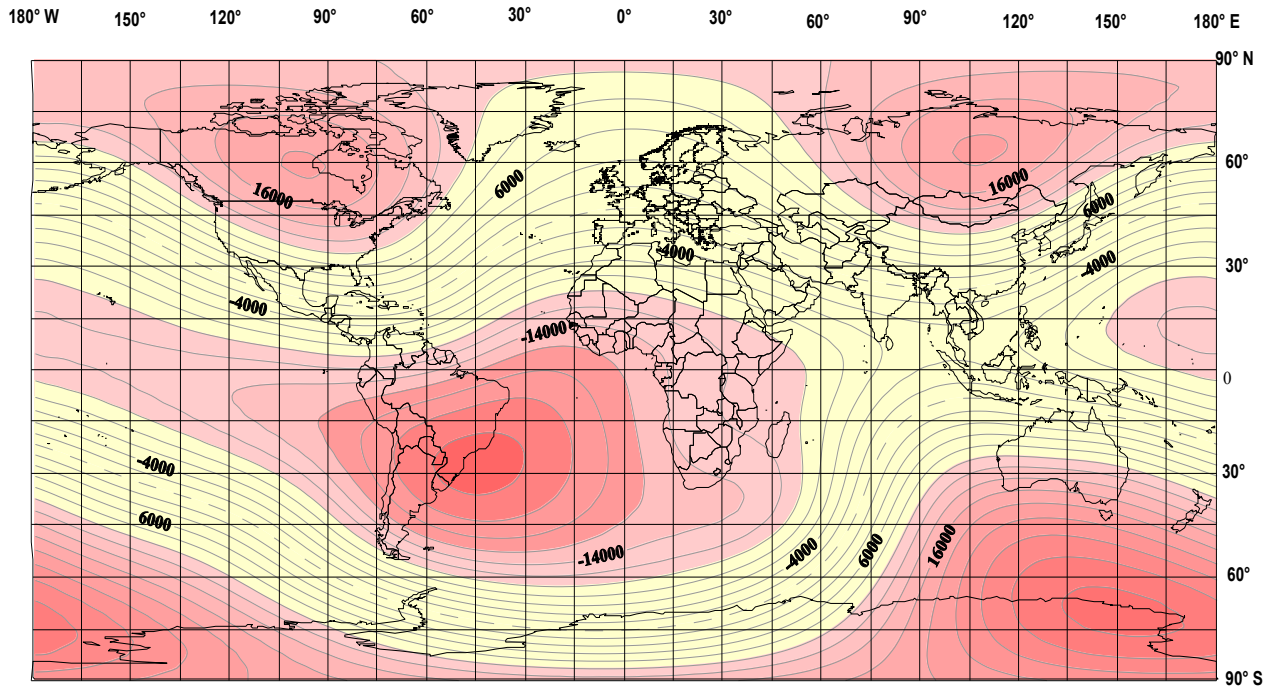


Рис.4.5.4. Экологическая возмущенность магнитного поля Земли за 1950 год –  $\Delta D_{\text{экол.1950}}$  (высота 0 км). Желтый цвет – области с нормальными (допустимыми) величинами возмущенности.

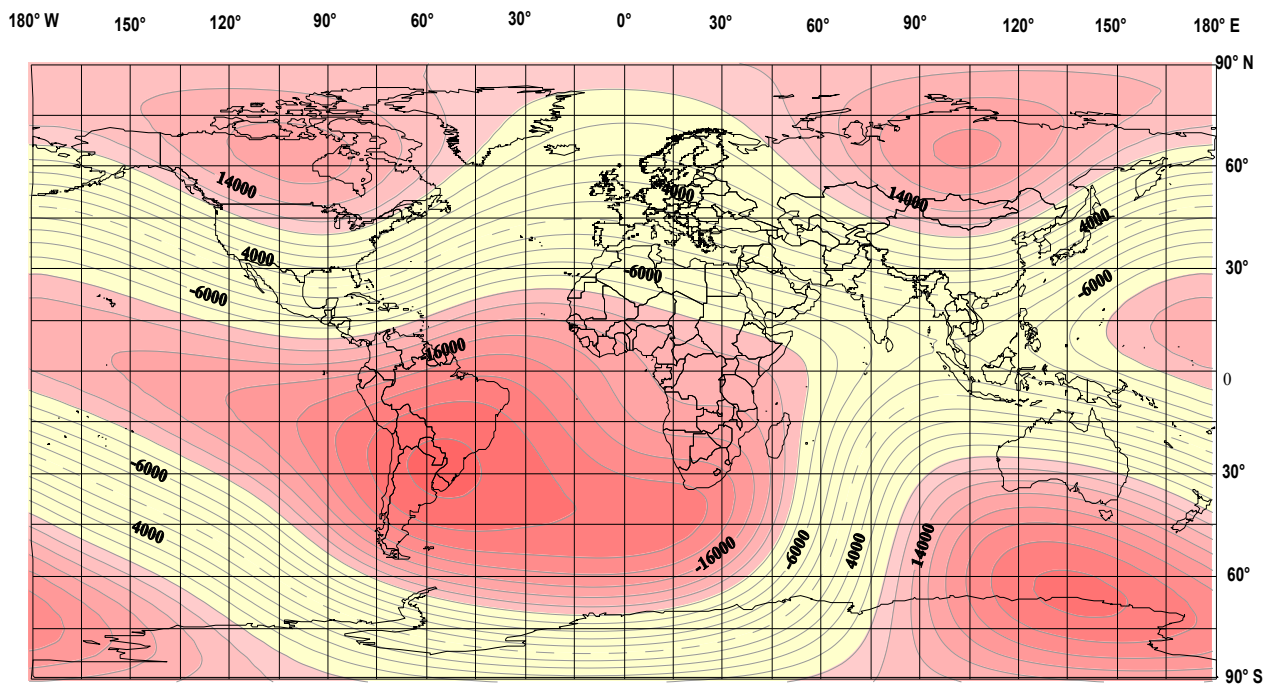


Рис.4.5.5. Экологическая возмущенность магнитного поля Земли за 2000 год –  $\Delta D_{\text{экол.2000}}$  (высота 0 км). Желтый цвет – области с нормальными (допустимыми) величинами возмущенности.

К гармоничным в магнитном отношении территориям следует отнести южную половину Северной Америки, центральную Америку, северо-восточную часть о. Гренландия, северную Атлантику, Европу, северную Африку, среднюю и юго-восточную Азию, Китай, западное тихоокеанское побережье, Океанию и большую часть Австралии. К «неблагополучным» территориям следует отнести север США и Канаду, всю Сибирь Российской Федерации (Республика Саха и т.д.), Южную Америку, центральную и южную Африку, а также всю Антарктиду, за исключением полуострова Аргентинские острова (см.рис.4.5.4., 4.5.5.).

Следуя всему выше сказанному, интересно заметить, что почти все древние и современные развитые цивилизации расположены на планете в полосе со значениями возмущенности магнитного поля  $\Delta D_{\text{экол}} = 0.0 \text{ D}$  и допустимым отклонением от нормы  $\Delta D_{\text{экол}} = 0 \pm 10000 \text{ D}$ .

#### **4.6 Экологическая возмущенность магнитного поля Украины.**

Аналогично, как и для планеты в целом, для территории Украины рассчитаны величины экологической возмущенности геомагнитного поля  $\Delta D$  за 1950 (рис.4.6.1.) и 2000 (рис.4.6.2.) годы, а также вековой ход за 50 лет (рис.4.6.3.).

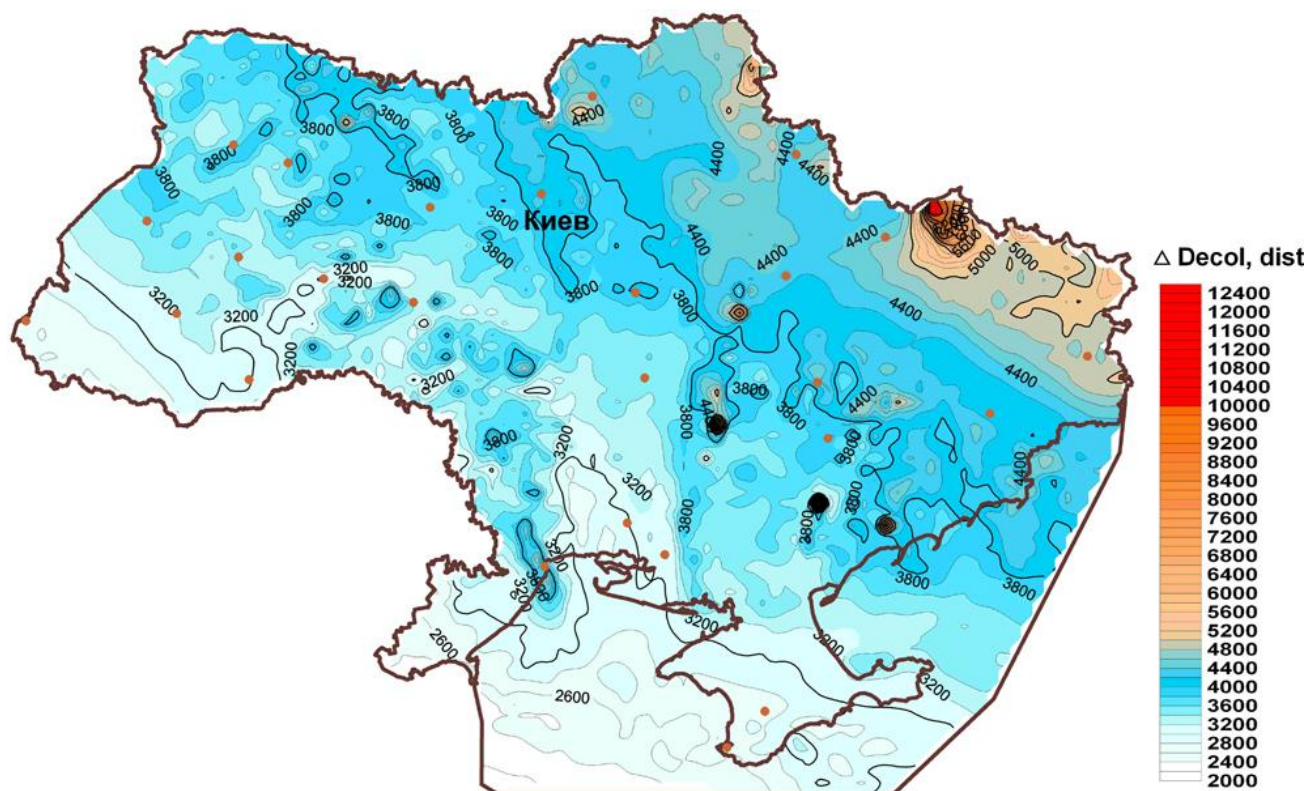


Рис.4.6.1. Экологическая возмущенность магнитного поля  $\Delta D_{\text{экол.}}$  территории Украины за 1950г.

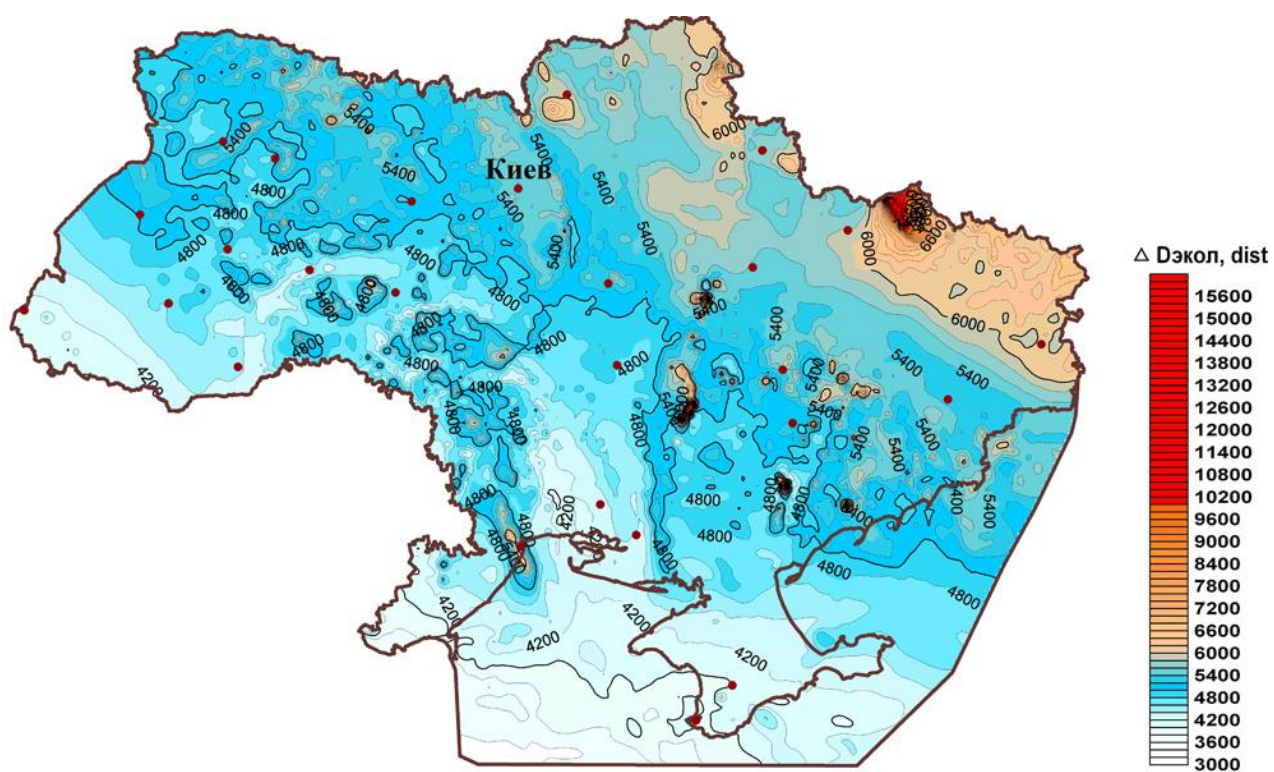


Рис.4.6.2. Экологическая возмущенность магнитного поля  $\Delta D_{\text{экол.}}$  территории Украины за 2000г.



Рис.4.6.3. Вековой ход экологической возмущенности магнитного поля  $\delta(\Delta D)$  территории Украины за 50 лет.

Сразу же отметим, что данный параметр для территории Украины характеризуется положительными значениями, поскольку значения  $V_{IGRF}$  больше принятой нами величины  $V_{экол.}$ . Величина экологической возмущенности магнитного поля за 1950 год изменяется в пределах  $\Delta D_{экол.1950} = 1830 D \div 17774 D$ , а за 2000 год в пределах  $\Delta D_{экол.2000} = 3246 D \div 19017 D$ . Вековой ход экологической возмущенности геомагнитного поля за 50 лет находится в пределах  $\delta(\Delta D)_{экол.} = 1180 D \div 1480 D$ . В региональном плане возмущенность  $\Delta D_{экол.}$  возрастает с юго-запада на северо-восток, достигая максимальных значений на северо-востоке Харьковской области (в районе юго-восточного продолжения Курской магнитной аномалии). Динамика  $\delta(\Delta D)_{экол.}$  за 50 лет свидетельствует о ее росте с востока на запад (см.рис.4.6.3.). Заметим, что в соответствии с принятой нормой  $\Delta D_{экол.} = 0 \pm 10000 D$  большая часть территории Украины находится в благоприятных, в магнитном отношении, условиях. Отклонение от благоприятных условий

наблюдается только в областях интенсивных локальных магнитных аномалий (Криворожье, Кременчуг и т.д.), а также на северо-востоке Харьковской области (см.рис.4.6.2.).

Для примера проведена сравнительная оценка пространственно-временной возмущенности геомагнитных полей Украины, Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) и небольшой территории возле украинской станции «Академик Вернадский» («АВ») в Антарктике.

Украина, ЯНАО и «АВ» находятся в довольно разных в «геомагнитном» отношении условиях. В частности Украина расположена в средних геомагнитных широтах с довольно дифференцированным характером магнитного поля, обусловленного сложной структурой земной коры докембрийской Восточно-Европейской платформы, ЯНАО – в приполярной области вблизи Восточно-Азиатской материковой аномалии со слабо дифференцированным аномальным полем Западно-Сибирской плиты мезозойского возраста.

Анализ имеющейся магнитометрической информации свидетельствует о довольно слабой изученности территории Антарктиды магнитными измерениями. Проведенные исследования в районе станции «АВ» свидетельствуют о большой неоднородности геомагнитного поля. Выделенные аномалии с интенсивностью в первые тысячи нанотесл свидетельствуют о наличии пород с резко различными магнитными свойствами.

В соответствии с разработанными цифровыми картами, модуль полного вектора геомагнитного поля для Украины и Ямала изменяется в пределах  $V_{\text{Укр.}} = 46649 \div 60997$  нТл,  $V_{\text{Ямал}} = 54678 \div 65579$  нТл (эпоха 1950 г.) и  $V_{\text{Укр.}} = 48100 \div 62319$  нТл и  $V_{\text{Ямал}} = 56028 \div 66207$  нТл (эпоха 2010 г.), т.е. отличается на величину около 10000 нТл. Для исследованной территории возле станции «АВ» модуль полного вектора изменяется в пределах  $V_{\text{«АВ»}} = 41345 \div 48654$  нТл (эпоха 1950 г.) и  $V_{\text{«АВ»}} = 35237 \div 42545$  нТл (эпоха 2010 г.), т.е. в среднем

на 20000 нТл меньше от средней величины модуля полного вектора территории Украины. За 60 лет модуль  $B$  уменьшился на 6100 нТл.

Оценка пространственно-временной возмущенности квазипостоянного магнитного поля Земли выполнена по предложенному критерию в соответствии с выражением  $\Delta D = (B - B_{IGRF})/2B_{IGRF}$ .

Для исследуемых регионов оценена пространственная возмущенность  $\Delta D$  и ее вековой ход  $\delta(\Delta D)$  для временного интервала 1950 – 2010 гг. Для Украины  $\Delta D_{1950}$  изменяется в пределах от  $-1470 D$  до  $+11808 D$ , и  $\Delta D_{2010}$  – в пределах от  $-1432 D$  до  $+11499 D$ . Для Ямала  $\Delta D_{1950}$  изменяется в пределах от  $-469 D$  до  $+4820 D$ , и  $\Delta D_{2010}$  – в пределах от  $-462 D$  до  $+4770 D$ . Для «АВ»  $\Delta D_{1950}$  изменяется в пределах от  $-4140 D$  до  $+3903 D$ , и  $\Delta D_{2010}$  – в пределах от  $-4789 D$  до  $+4515 D$ . Вековой ход пространственной возмущенности магнитного поля рассчитан по формуле  $\delta(\Delta D) = \Delta D_{2010} - \Delta D_{1950}$ . Величина  $\delta(\Delta D)$  за 60 лет изменилась в пределах от  $-308 D$  до  $+38 D$  (для Украины), от  $-50 D$  до  $+8 D$  (для ЯНАО) и от  $-649 D$  до  $+611 D$  (для «АВ»). Следовательно, возмущенность магнитного поля Украины существенно выше таковой ЯНАО, но существенно ниже возмущенности в районе станции «АВ».

Экологический аспект основывается на «экологической норме» геомагнитного поля, которую мы принимаем равной 45000 нТл и оценки по отношению к ней возмущенности магнитного поля  $\Delta D_{\text{экол.}} = (B - B_{\text{экол.}})/2B_{\text{экол.}}$ . Величина  $\Delta D_{\text{экол.}}$  для Украины за 1950 год изменяется в пределах  $\Delta D_{\text{экол.}1950} = +1830 D \div +17774 D$ , а за 2010 год в пределах  $\Delta D_{\text{экол.}2010} = +3445 D \div +19243 D$ . Величина  $\Delta D_{\text{экол.}}$  для Ямала за 1950 год изменяется в пределах  $\Delta D_{\text{экол.}1950} = +10753 D \div +22865 D$ , а за 2010 год в пределах  $\Delta D_{\text{экол.}2010} = +12253 D \div +23564 D$ . Величина  $\Delta D_{\text{экол.}}$  для «АВ» за 1950 год изменяется в пределах  $\Delta D_{\text{экол.}1950} = -4061 D \div +4060 D$ , а за 2010 год в пределах  $\Delta D_{\text{экол.}2010} = -10848 D \div -2727 D$ . Вековой ход экологической возмущенности геомагнитного поля за 60 лет находится в пределах  $\delta(\Delta D)_{\text{экол.}} = +1180 D \div +1723 D$  (для Украины),  $\delta(\Delta D)_{\text{экол.}} = +402 D \div +1503 D$  (для ЯНАО) и  $\delta(\Delta D)_{\text{экол.}} = -6796 D \div -6776 D$  (для «АВ»). В соответствии с принятой «экологической нормой» возмущенности

геомагнитного поля ( $\pm 10000$  D) на Ямале наблюдается ее превышение (рис.4.6.4.), что делает данную территорию менее комфортной по сравнению с Украиной, в геомагнитном отношении, естественно. Территория возле станции «АВ» характеризуется интенсивными временными изменениями пространственной и экологической возмущенности, что обуславливается уменьшением магнитного поля порядка 100 нТл/год.

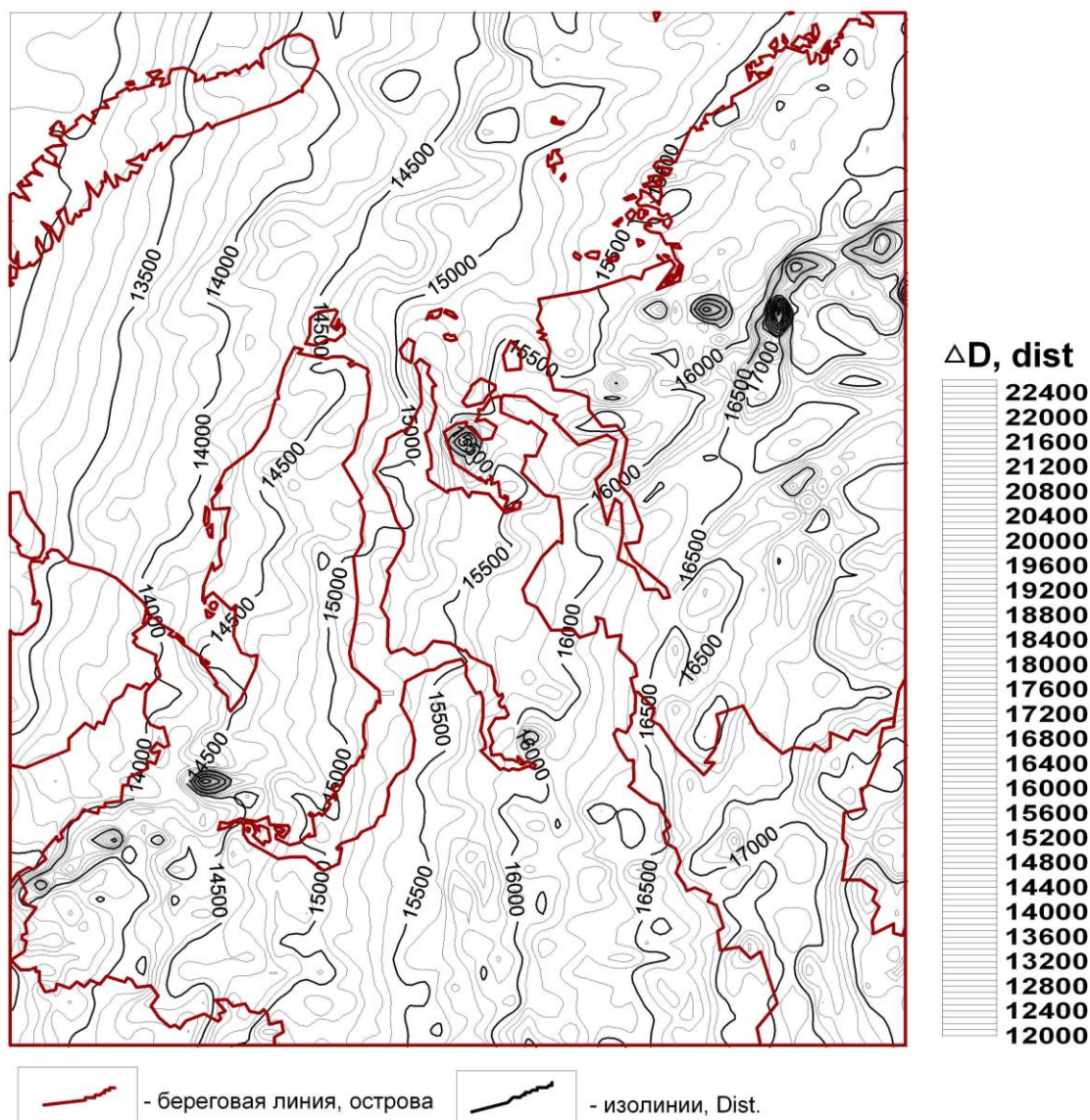


Рис.4.6.4. Экологическая возмущенность магнитного поля  $\Delta D_{\text{экол}}$  территории ЯНО на 2010 г.



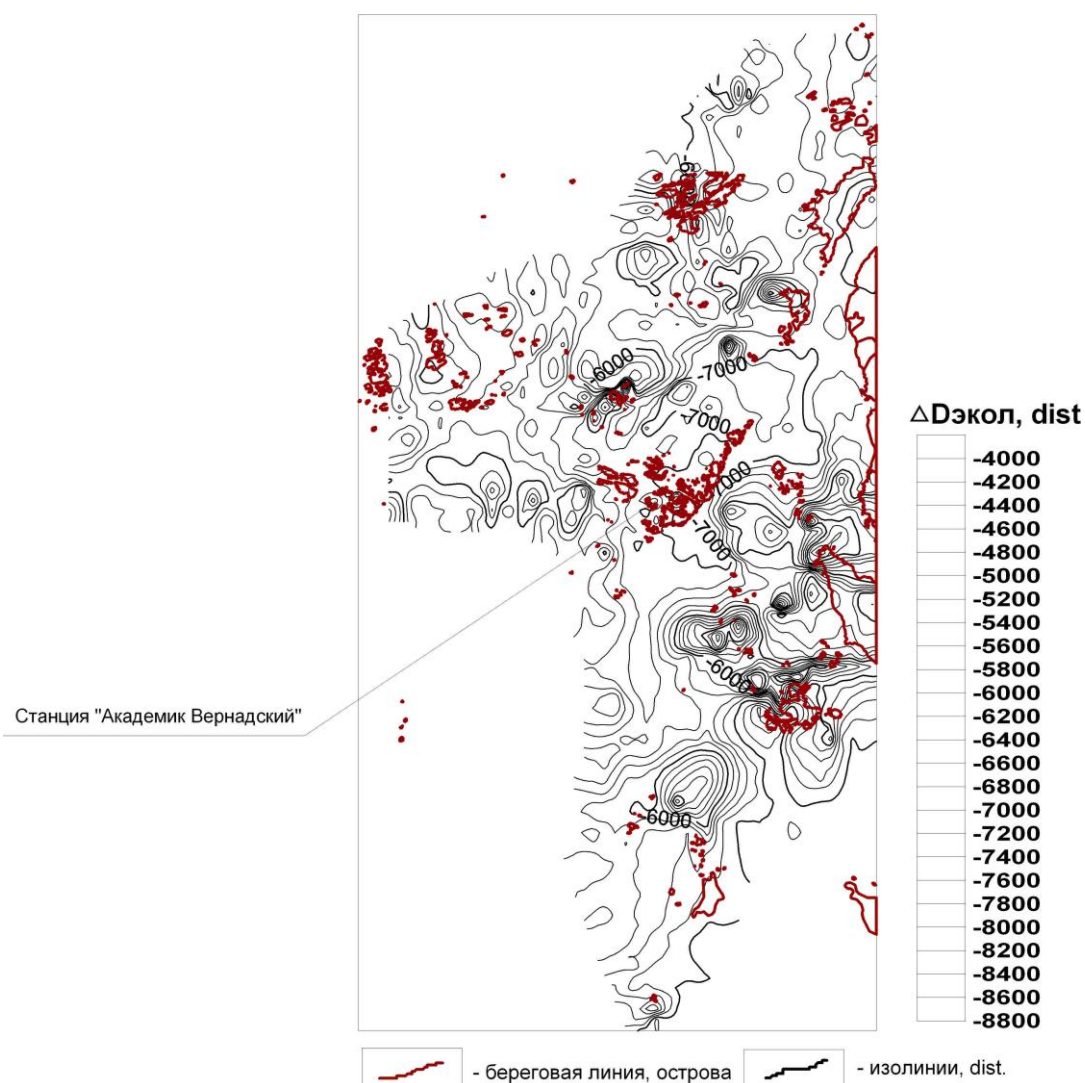


Рис.4.6.5. Экологическая возмущенность магнитного поля  $\Delta D_{\text{экол}}$  территории вокруг станции «АВ» на 2010 г.

Как видно из рис.4.6.5. в связи с значительным за 60 лет уменьшением магнитного поля уже наблюдается незначительное отклонение от допустимой нормы экологической возмущенности. Причем наблюдается обратная картина в сравнении с возмущенностью территории Украины и Ямала, а именно, в местах интенсивных локальных положительных аномалий экологическая возмущенность находится в пределах нормы, т.е. соответствует выражению  $\Delta D = 0 \pm 10000 D$ .

Сравнительный анализ пространственной и экологической возмущенности различных в «геомагнитном» отношении регионов показал,

что данный параметр более удобен при «экологическом» анализе пространственно-временных изменений «геомагнитной» среды, нежели анализ пространственно-временных изменений магнитного поля в нТл, так как позволяет нормировать к той или иной величине, учитывает временные изменения нормального поля и интенсивность аномалий регионального и локального класса, которые могут давать обратный «экологический» эффект при определении «экологических» характеристик территории. Возмущенность можно рассчитывать для разных полей, что даст возможность проводить их корректное сравнение.

#### **4.7 Взаимосвязь некоторых явлений в биосфере с пространственно-временными изменениями магнитного поля Земли.**

Еще в прошлом столетии активно исследовался вопрос о влиянии солнечной и магнитной активности на биосферу, а также на отдельные популяции и индивидуумы. Но практически все исследователи оперировали только переменной частью магнитного поля, составляющей менее одного процента в суммарных его значениях. В настоящее время предполагается, что не только солнечная активность, но и главное магнитное поле Земли способны влиять на процессы и механизмы происходящие в биосфере.

Многообразие явлений и процессов в биосфере происходит под воздействием тех или иных факторов внешней среды: температуры, давления, влажности и т.д. Одним из таких факторов является магнитное поле Земли, поэтому задачей настоящей работы являлось исследование возможной связи урожайности озимой пшеницы (наличие базы данных по этой культуре) от пространственно-временных особенностей МПЗ. Геомагнитное поле было выбрано из тех соображений, что оно, во-первых, является одним из планетарных геофизических факторов, исторически определяющих ход и развитие естественных процессов в косных и биокосных системах, а во-вторых, многие его аспекты изучены на уровне, необходимом для междисциплинарных исследований [Орлюк, 2001; Ліпінський та ін., 2003, Орлюк, Роменец, 2005; Orliuk et al., 2010].

Проведение такого исследования стало возможным в рамках Договора о научно-техническом сотрудничестве между Институтом геофизики НАН Украины и Институтом агроэкологии и экономики природопользования НААН Украины, которые обладают подробными базами данных о состоянии и динамике МПЗ, а так же урожайности злаковых и других культур для периода с 1955 по 2010 гг. Наиболее достоверные статистические данные имеются для урожайности озимой пшеницы. Сразу же оговоримся, что в работе осознанно исследован только период 1955 – 1990 гг. как наиболее надежный, в плане достоверности, результат статистических исследований.

С использованием «реперных» значений магнитного поля  $B$  на эпоху 2000 г. и учетом обсерваторских наблюдений были вычислены значения поля для исследуемого временного интервала с шагом в 1 год как для Украины в целом, так и для каждой области и АПК, в частности.

В целом для Украины вычисленное поле изменяется от  $B = 48480$  нТл в 1955 г. до  $B = 49800$  в 2008 г. (рис.4.7.1.).

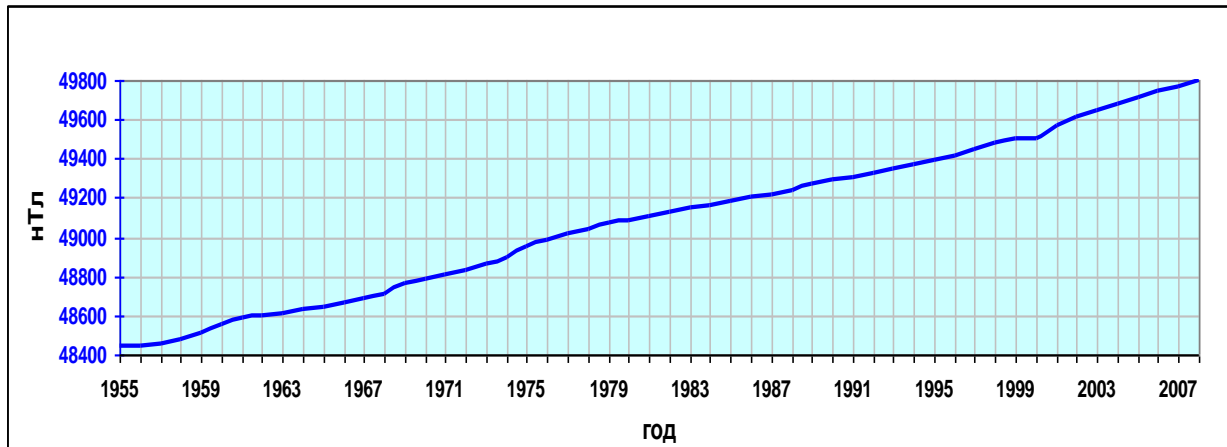


Рис.4.7.1. Изменение среднего значения модуля индукции магнитного поля  $B$  для территории Украины с 1955 по 2008 гг.

В качестве примера пространственного изменения магнитного поля для областей Украины и АПК приведена схема величин модуля индукции  $B$  для 1961 г. (рис.4.7.2.).



Рис.4.7.2. Средние значения модуля индукции магнитного поля  $B$  для областей Украины и АРК за 1961 г.

В пространстве значения модуля  $B$  изменяются также в существенных пределах, в частности средние значения  $B$  по областям Украины и АРК находятся в пределах  $B = 47923$  нТл для Закарпатской области до  $B = 49834$  нТл для Харьковской области. Разница, при этом, для двух упомянутых областей составляет 1911 нТл.

Большими значениями характеризуется также изменение магнитного поля во времени. В соответствии с расчетами среднее значение модуля индукции магнитного поля в целом для Украины изменилось от  $B = 48479$  нТл в 1958 г. до  $B = 49802$  нТл в 2008 г., т.е. увеличилось на 1323 нТл (см.рис.4.7.1.). Естественно это изменение не монотонное, а с наличием определенной цикличности высокочастотной составляющей магнитного поля.

Подытоживая вкратце пространственно-временную характеристику магнитного поля Земли территории Украины, можно отметить существенную изменчивость в пространстве (разница между областями изменяется в пределах  $100 \div 1900$  нТл) и времени (более 1300 нТл), что является значимым фактором в отношении его возможного влияния на биосферу в общем, и на растительный мир в частности.

*Пространственно-временная характеристика урожайности озимой пшеницы.* Озимая пшеница – основная культура умеренного климата. Она зимостойкая, хорошо использует почвенную влагу осеннего и весеннего периодов, имеет сильные фотосинтетические способности даже в загущенных посевах. Благодаря раннему периоду созревания по сравнению с другими культурами озимая пшеница менее подвергается засухе, что также благоприятно сказывается на возможности выбора разных способов уборки.

Посевная площадь озимой пшеницы имеют большую пространственную и временную изменчивость. Так, даже в период сравнительно стабильного состояния сельскохозяйственных предприятий Украины (1958 – 1990 гг.), посевная площадь озимой пшеницы составляла от 8410,3 до 7491,3 тыс.га, в том числе уборочная площадь от 7565,1 до 7491,1 тыс. га. Несоответствие посевных и уборочных площадей может быть объяснено неблагоприятными агрометеорологическими условиями и другими факторами, которые характерны для осенне-зимнего и весенне-летнего периодов.

В связи с изменчивостью посевных и уборочных площадей, а соответственно и валового сбора зерна, для анализа выбран такой нормированный параметр, как урожайность пшеницы  $Y = P/S$ .

где  $Y$  – урожайность (ц/га),  $P$  – вес собранного урожая (ц.),  $S$  – площадь (га). В этом параметре должен проявляться как соответствующий уровень агротехники, включающий выполнение всех технологических операций на протяжении вегетационного периода, так и природные условия производства

озимой пшеницы в каждой конкретной почвенно-климатической зоне. Одним из факторов природных условий и является магнитное поле Земли.

Анализ урожайности пшеницы  $Y$  за исследуемый период показывает очень сложный характер ее пространственного и временного распределения. В качестве примера пространственного распределения данного параметра рассмотрим урожайность пшеницы на примере 1961 г. Для этого времени наблюдается довольно четкая тенденция увеличения  $Y$  с юга – юго-запада на север – северо-восток (рис.4.7.3.).

В частности если АР Крым, южные и западные области (за исключением Черновицкой и Николаевской областей) характеризуются величинами  $Y = 12 \div 18$  ц/га, то центральные и северо-восточные области –  $Y = 21 \div 27$  ц/га (детали см. на рис.4.7.3.).

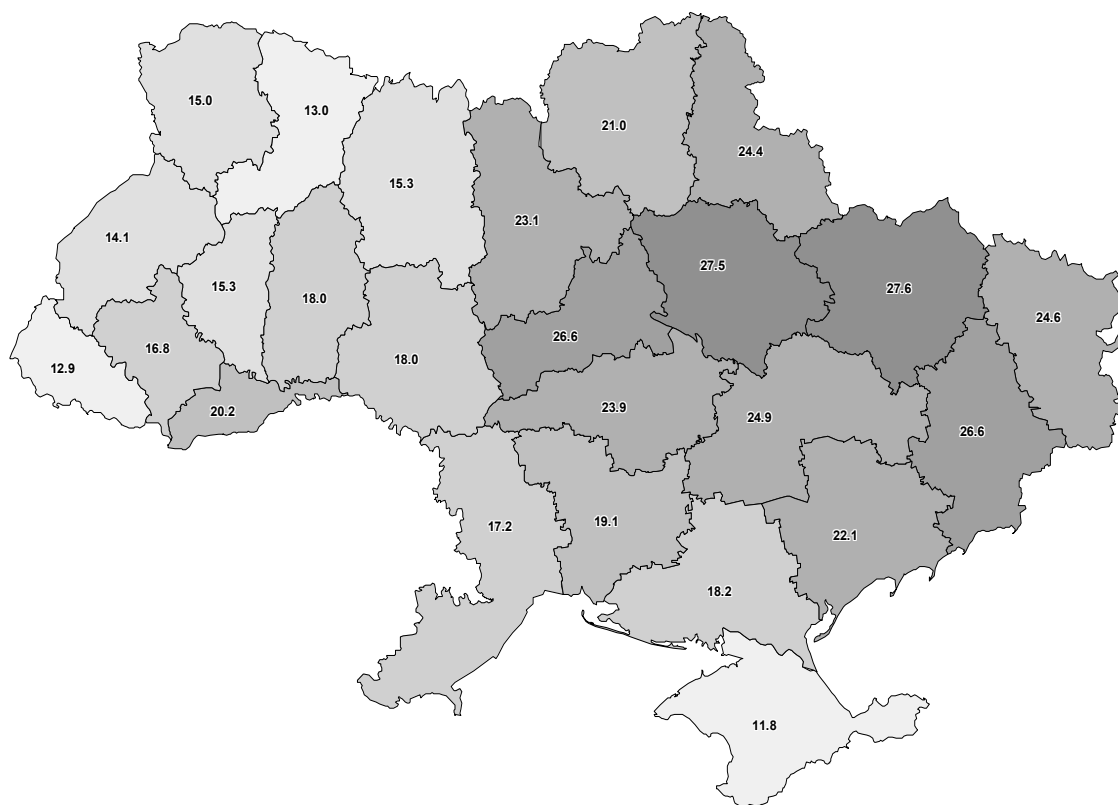


Рис.4.7.3. Средняя урожайность озимой пшеницы областей Украины и АР Крым для 1961 г.

В противоположность этому в 1963 г. отмечен недобор урожая озимой пшеницы в Луганской, Донецкой, Днепропетровской, Харьковской, Полтавской, Одесской, Николаевской и Сумской областях. При этом установлено большие величины урожайности ( $Y = 13 \div 17$  ц/га) для юго-западных областей и существенно меньшие ( $Y = 7 \div 14$  ц/га) для северо-восточных областей, т.е. наблюдается противоположная по отношению к 1961 г. картина.

Подобная ситуация с недобором урожая сложилась и в 1964 г., но уже в Житомирской, Кировоградской, Николаевской, Полтавской, Ровенской, Сумской и Черниговской областях. Приведенные данные свидетельствуют о том, что наблюдается довольно пестрая картина пространственного распределения урожайности пшеницы без какой-либо видимой закономерности, что может свидетельствовать о влиянии множества факторов, таких как грунтового, температурного, технологии возделывания культуры и т.д.

Более четкими закономерностями характеризуется временные изменения урожайности пшеницы. В общем, как для отдельных областей, так и для Украины в целом для исследуемого временного интервала наблюдается закономерное увеличение урожайности от  $Y = 17 \div 18$  ц/га в конце 50-х – начале 60-х годов, до  $Y = 32 \div 35$  ц/га, в конце 80-х – начале 90-х годов (рис.4.7.4., кривая «ряд 2»).

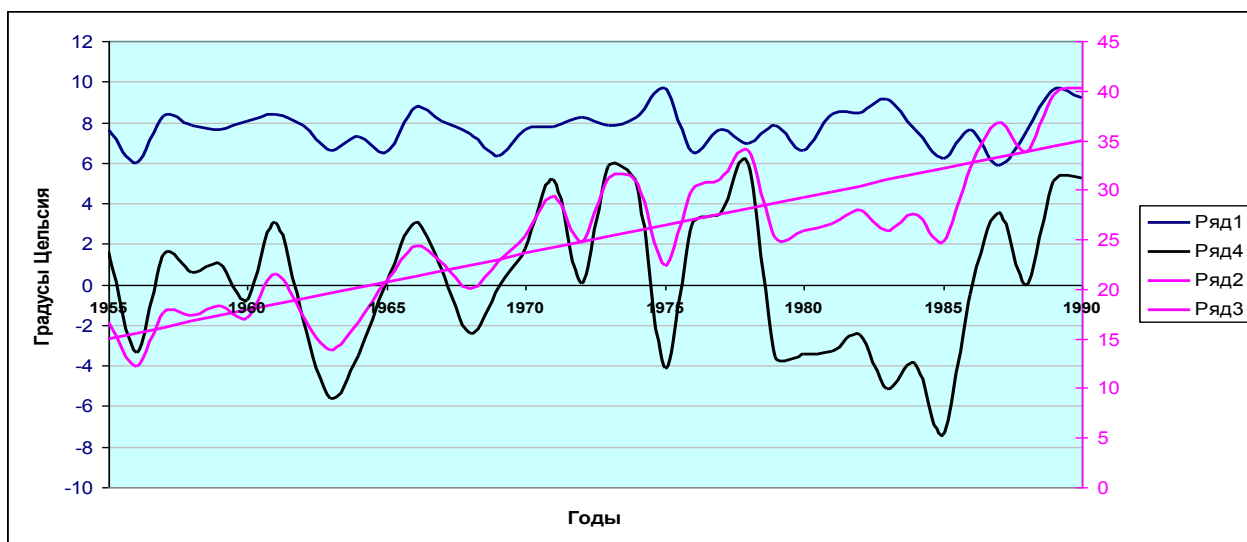


Рис.4.7.4. Динамика среднегодовой урожайности озимой пшеницы (ряды 2,4) и изменение температуры (ряд1) за 1955 – 1990 гг.

Линия тренда урожайности описывается уравнением прямой  $Y(t)=15 + 0,57(t-1955)$  для временного интервала  $t \in (1955 \div 1990)$  (рис.4.7.4., кривая «ряд 3»). На этом фоне (тренде) наблюдались отдельные годы с отклонением урожайности в большую или меньшую стороны (рис.4.7.4., кривая «ряд 4»). В частности относительными минимальными величинами средней урожайности  $Y$  характеризовались 1963, 1968, 1972, 1975, 1979, 1985 и 1991, а максимальными – 1961, 1966, 1971, 1978, 1982, 1990 годы. Обратим внимание на довольно продолжительный период (1979 – 1985 гг.) с относительным минимумом средней урожайности  $Y = 25 \div 27$  ц/га (см.рис.4.7.4.).

В принципе, такая же закономерность характерна и для отдельно взятых областей, в качестве примера на рис.4.7.5. приведена диаграмма урожайности для Киевской области. Такие же закономерности получены для всех областей Украины и для АР Крым.

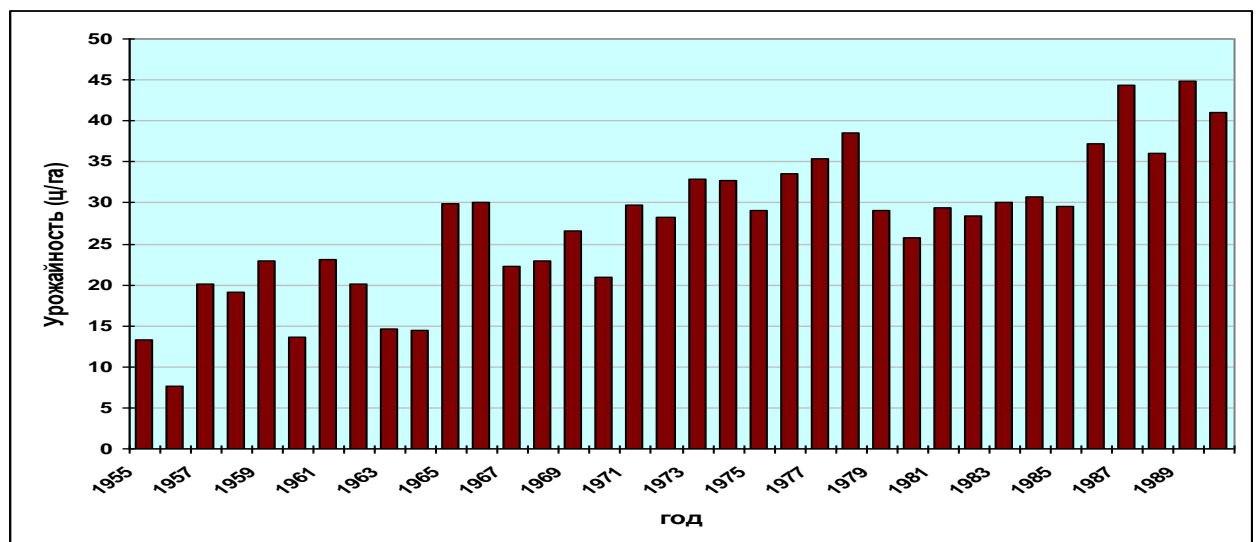


Рис.4.7.5. Динамика урожайности озимой пшеницы по Киевской области за 1955 – 1990 гг.



Представляется естественным, что производство озимой пшеницы зависит, прежде всего, от типа почвы, погодно-климатических и социально-экономических факторов. Погодно-климатические факторы зависят от процессов в тропосфере, которые в свою очередь предопределяются солнечной активностью и сопутствующими ей геофизическими явлениями. К настоящему времени известно большое количество работ, в которых приведены примеры зависимости растительного мира (от уровня растительных клеток до урожайности сельскохозяйственных культур) от солнечной и геомагнитной активности [Tomassen, 1992; Dorman et. al., 2004 ]. Но все эти исследования, достаточно полный обзор которых приведен в монографии [Мартинюк и др., 2008], имеют характер «крупных мазков», без привязки к конкретным значениям параметров внешних геофизических факторов и конкретизации регионов. Более того, практически во всех исследованиях использованы только ритмика внешних процессов и относительные характеристики их амплитуд, что в принципе позволяет делать только визуальное сопоставление каких-то параметров внешней среды и биосферы без возможности количественных оценок. В соответствии с предложенной ранее методологией исследований [Орлюк, 2001; Орлюк, Роменец, 2005; Орлюк и др., 2007], в данном случае поиск корреляционной связи осуществлялся между модульными значениями индукции геомагнитного поля  $B$  и урожайностью озимой пшеницы с их четкой пространственно-временной привязкой.

С учетом данных о средней величине магнитной индукции и урожайности для областей Украины и АР Крым для каждого года исследуемого временного интервала рассчитаны корреляционные зависимости между этими двумя параметрами.

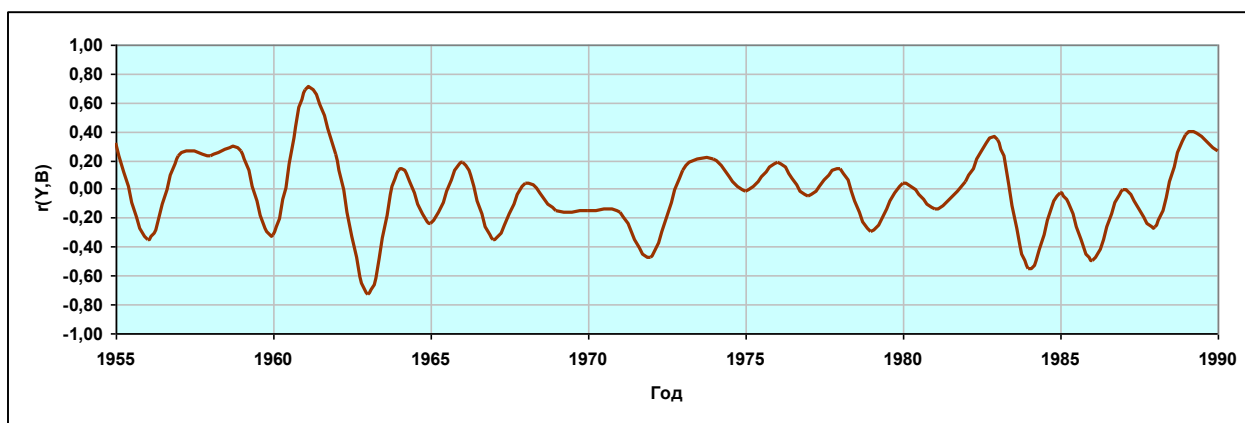


Рис.4.7.6. График изменения корреляции  $r$  между урожайностью озимой пшеницы и индукцией  $B$  для областей Украины и АР Крым.

Как видно из рис.4.7.6. коэффициент корреляции изменяется в широких пределах, от  $r = 0,69$  в 1961 г. до  $r = -0,73$  в 1963 г. Несмотря на практическое отсутствие корреляции между параметрами  $Y$  и  $B$  в остальные годы, обнаруживается очень интересная закономерность, а именно, наличие тренда коэффициента корреляции от  $r = 0,25$  в 1955 г. до  $r = -0,40$  в 1972 г. и аналогичного тренда с 1973 г. по 1987 – 1988 гг. В 1972 – 1973 гг. и 1989 – 1990 гг. наблюдалось скачкообразное изменение коэффициента корреляции от отрицательного до положительного.

*Временная зависимость урожайности пшеницы  $Y$  от величины  $B$ .* Для каждой области Украины и АРК, а также Украины в целом была просчитана корреляционная зависимость рассматриваемых параметров. В противоположность слабой корреляционной связи этих величин в пространстве, обнаруживается сильная их взаимосвязь во времени. В качестве примера рассмотрим временную зависимость  $Y$  от величины  $B$  на примере Киевской области. За исследуемый отрезок времени урожайность изменялась от  $Y = 7,7$  ц/га в 1956 г. до  $Y = 44,9$  ц/га в 1989 г., а магнитная индукция в пределах  $B = 48822 \div 49590$  нТл. Между исследуемыми параметрами получена довольно сильная зависимость с коэффициентом корреляции  $r = 0,83$  (рис. 4.7.7.).

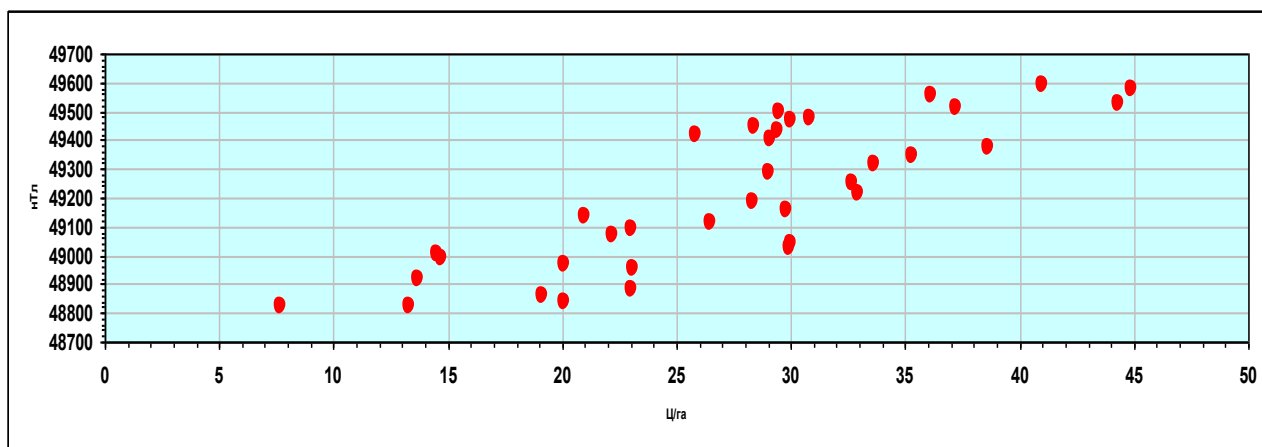


Рис.4.7.7. Корреляционная зависимость  $r$  между урожайностью и индукцией В в Киевской области для периода 1955 – 1990 гг.

Корреляционная зависимость для всех областей Украины и АР Крым за исследуемый временной интервал приведена в таблице 4.7.1.

Как видно из таблицы 4.7.1. минимальной величиной корреляции характеризуется Луганская область  $r = 0,64$ , а максимальной – Черновицкая область  $r = 0,89$ , а остальные области – промежуточными значениями.

Таблица 4.7.1.

Корреляционная зависимость между урожайностью  $Y$  и индукцией В для областей Украины (1955 – 1990 гг.)

Область	Коэффициент корреляции	Область	Коэффициент корреляции
Винницкая	0,88	Николаевская	0,71
Волынская	0,85	Одесская	0,73
Днепропетровская	0,69	Полтавская	0,83
Донецкая	0,72	Ровенская	0,88
Житомирская	0,84	Сумская	0,83
Ив-Франковская	0,88	Тернопольская	0,88
Закарпатская	0,82	Харьковская	0,7
Запорожская	0,75	Херсонская	0,72
Киевская	0,83	Хмельницкая	0,85
Кировоградская	0,73	Черкасская	0,85
Крым	0,78	Черниговская	0,8
Луганская	0,64	Черновицкая	0,89
Львовская	0,87		

Для расчета корреляционной зависимости  $r$  для Украины в целом для каждого года брались значения средней величины индукции  $B$  и средняя урожайность  $Y$  для каждого года. Графическое изображение динамики магнитного поля и урожайности представлено на рис.4.7.8., из которого следует изменение среднего значения индукции магнитного поля в пределах  $B = 48445 \div 49288$  нТл, а урожайности  $Y = 12 \div 40$  ц/га. При этом масштаб рисунка не позволяет увидеть детальную структуру магнитного поля  $B$  (см.рис.4.7.8.).

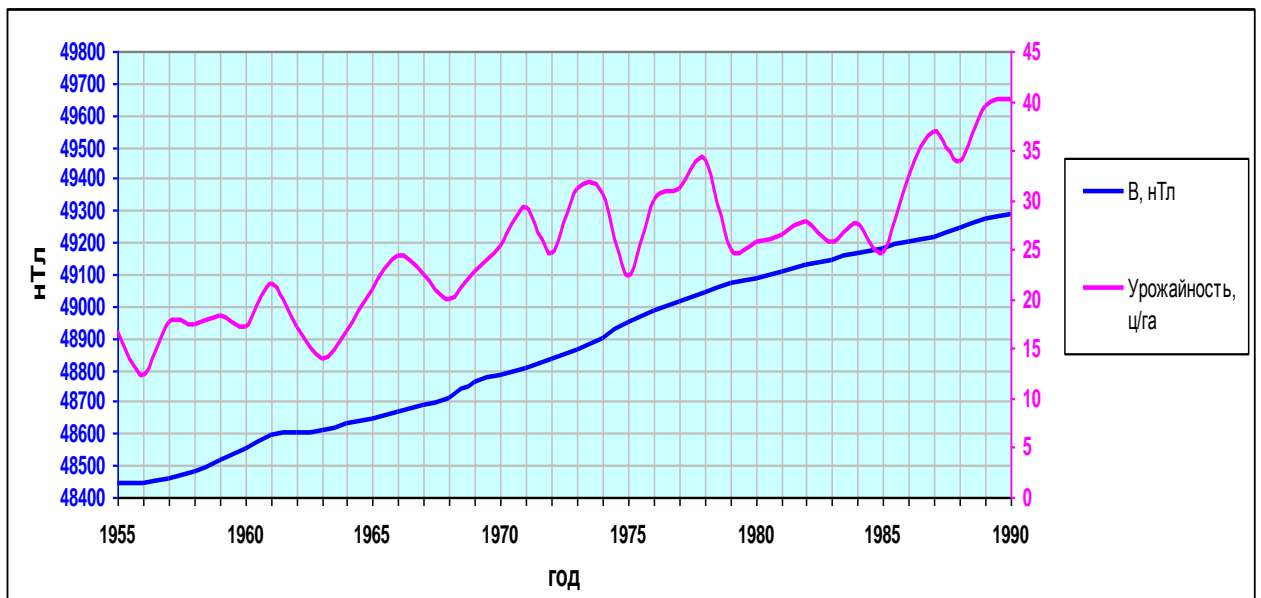


Рис.4.7.8. Урожайность озимой пшеницы  $Y$  и индукция магнитного поля  $B$  (1955 – 1990 гг.)

Для Украины в целом коэффициент корреляции равен  $r = 0,85$ .

Полученные значения корреляции  $r$  как для отдельных областей, так и для Украины в целом, свидетельствуют о достаточно сильной временной связи между урожайностью озимой пшеницы и модулем индукции магнитного поля  $B$ . Конечно, механизм такой взаимосвязи пока-что непонятен, но полученные закономерности можно использовать на феноменологическом уровне. Использование для расчета коэффициента корреляции только переменной части магнитного поля Земли, потенциально связанной с солнечной активностью показывает отсутствие таковой ( $r = 0,2$ ).

Заметим, что предпринятые попытки обнаружить взаимосвязь урожайности с температурой не увенчались успехом (корреляция для всего временного интервала составляет  $r = 0,22$ ), хотя и намечаются некоторые периоды, для которых такая связь имеется. В частности для 1955 – 1965 гг.  $r = 0,56$ . Отметим также некоторое улучшение корреляционной взаимосвязи для случая использования не урожайности с гектара, а величины ее годового прироста (за исключением тренда (см.рис.4.7.5.)). В этом случае для интервала 1955 – 1970 гг. корреляция составляет  $r = 0,65$ . Конечно же, требуется дальнейший углубленный анализ взаимосвязи урожайности  $Y$  с солнечной активностью и ее производными – рядом важных параметров внешней среды (температурой, влажностью, давлением, облачностью, проводимостью и т.д.).

Предложенная работа является продолжением междисциплинарных исследований, начатых в Институте геофизики им. С.И.Субботина НАН Украины работ в отношении решения ряда проблем геофизической экологии, а именно влияния внешних естественных геофизических полей, в частности геомагнитного поля, и излучений на процессы в биосфере [Орлюк, 2001; Orlyuk, 2007]. В данном исследовании приведены первые результаты, полученные в содружестве с коллегами с Института агроэкологии и экономики природопользования НААН о возможной взаимосвязи урожайности озимой пшеницы с пространственно-временными особенностями индукции магнитного поля Земли на территории Украины.

Анализ пространственно-временной характеристики магнитного поля показал его изменение в существенных пределах. В пространственном отношении магнитное поле изменяется в пределах  $B = B_{\text{ХАР}} - B_{\text{ЗАК}} = 1910$  нТл (между Закарпатской и Харьковской областями), во временном –  $B = B_{1990} - B_{1955} = 850$  нТл (1955 – 1990 гг.).

Анализ урожайности пшеницы  $Y$  за исследуемый период показывает очень сложный характер ее пространственного и временного распределения. Наблюдается довольно пестрая картина пространственного распределения

урожайности озимой пшеницы, без какой-либо видимой закономерности, что может свидетельствовать о влиянии множества факторов, таких как “почвенный”, температурный, технология возделывания культуры и т.д. При этом как для отдельных областей, так и для Украины в целом за исследуемый временной интервал наблюдается закономерное увеличение урожайности от  $Y = 17 - 18$  ц/га в конце 50-х – начале 60-х годов, до  $Y = 32 - 35$  ц/га, в конце 80-х – начале 90-х годов.

Изучение динамики урожайности озимой пшеницы за 35-летний период и полученные коэффициенты корреляции взаимосвязи с геомагнитным полем для отдельных областей (изменяются в пределах от  $r = 0,64$  (Луганская) до  $r = 0,89$  (Черновицкая)) и для всей территории Украины ( $r=0,85$ ) свидетельствуют об их существенной зависимости.

В настоящее время не раскрыты принципиальные физические основы действия геомагнитного поля Земли на продуктивность озимой пшеницы. Поэтому необходимо вести дальнейшие глубокие и подробные экспериментальные исследования по этой важной фундаментальной проблеме с учетом многообразия факторов внешней среды, обусловленных сложным взаимодействием внутренних (тип почвы, климатические условия, агротехнические технологии и т.д.) и внешних (солнечная активность, космическое излучение, температура, давление, влажность, облачность и т.д.) причин.

## ВЫВОДЫ

Изучение магнитного поля в качестве экологического фактора – это, по-сути, новое направление фундаментальных и прикладных исследований, которое существенно расширяет диапазон информативности и сферу применения геофизических полей, от изучения физики Земли, строения и развития ее отдельных оболочек и прогнозирования полезных ископаемых, к определению их в роли необходимой составляющей для существования и развития органического мира в целом и человечества, в частности.

Автором предложено свое видение методологии и методики решения задач геофизической экологии. Геофизикой самостоятельно может быть решена лишь задача пространственно-временной структуры геофизических полей, построение геофизико-экологических полей и установление местоположений глубинных разломов с современными тектонофизическими процессами. В контакте с физиками, биологами, физиологами и медиками могут быть рассмотрены вопросы относительно определения «гармоничности» или «возмущенности» тех или других составляющих геофизического поля относительно их влияния на разные компоненты биосистем и организмов. Долговременные изменения нормальных геофизических полей должны, вероятно, предопределять соответствующую эволюцию биосистем, с приспособлением к новым условиям существования, а высокочастотные возмущения и пульсации – резкие изменения в жизнедеятельности тех или других индивидов (популяций) путем влияния на отдельные их органы (индивиды).

Соответственно, решение этих вопросов требует разработки научно-обоснованных норм постоянной (квазипостоянной) и переменной составляющих геомагнитного поля, необходимых для гармоничного существования и жизнедеятельности человека. В данной работе предлагается «экологическая норма» магнитной индукции для среднестатистического человека. Введение такого параметра позволит выработать рекомендации по его компенсации в случае попадания человека в условия геомагнитной

среды, отличающейся от нормальной в ту или иную сторону. В данном случае рассматривалась только нормальная составляющая полного вектора магнитной индукции. Так же в работе, в качестве примера, представлены результаты совместных (Институт агроэкологии и экономики природопользования НААН, Киев) исследований возможной связи урожайности озимых от величины магнитной индукции  $B$ .

Решение, полностью или частично, перечисленных выше задач является чрезвычайно актуальным заданием в фундаментальном и прикладном значениях.

Интерпретация пространственно-временных магнитных аномалий позволяет решить целый ряд геолого-тектонических, прогнозных и экологических задач. Для этого в работе решены, частично или полностью, следующие задачи:

1. Разработать карты модуля индукции  $B$  и его нормальной составляющей  $B_{IGRF}$  для земного шара и для территории Украины, детально оценить пространственное распределение и временной градиент геомагнитного поля на поверхности Земли .

2. Обратить внимание на возможность решения проблем геофизической экологии, а именно, исследовать экологический аспект геомагнитного поля  $B$ . Разработать новый критерий оценки возмущенности магнитного поля Земли.

Поставленные в работе задачи, хоть и были достаточно многогранными и сложными, но в своем большинстве они выполнены. Основные результаты работы освещены в публикациях, апробированы на многочисленных совещаниях и сводятся к следующему:

1. Впервые для территории Украины для периода 1950 – 2010 гг. созданы базы данных интенсивности модуля индукции магнитного поля Земли  $B$ , его нормальной составляющей  $B_{IGRF}$  и построены соответствующие карты.



2. Возмущенность МПЗ оценивается выражением:  $\Delta D = (B - B_{IGRF})/2B_{IGRF}$

где  $\Delta D$  – пространственная возмущенность магнитного поля Земли,  $B$  – модуль индукции геомагнитного поля,  $B_{IGRF}$  – нормальное геомагнитное поле.

3. С применением нового критерия  $\Delta D$  оценена величина индукционного подмагничивающего эффекта за счет магнитных источников земной коры.

4. С использованием нового критерия пространственно-временной возмущенности магнитного поля Земли  $\Delta D$  выполнен его анализ в качестве экологического фактора. Предложена «экологическая норма» геомагнитного поля, которая равна 45000 нТл. Рассмотрена пространственная неоднородность  $\Delta D_{экол.}$  как для планеты в целом, так и для территории Украины. Выделены регионы благоприятные и неблагоприятные для проживания людей.

5. Рассчитаны средние величины  $B$ ,  $B_{IGRF}$ ,  $\Delta D$ ,  $\Delta D_{экол.}$  для всех областей Украины и АР Крым.

6. Рассчитана динамика урожайности озимой пшеницы за 35-летний период и получены коэффициенты корреляции взаимосвязи с геомагнитным полем для отдельных областей (изменяются в пределах от  $r = 0,64$  (Луганская обл.) до  $r = 0,89$  (Черновицкая обл.)) и для всей территории Украины ( $r = 0.85$ ), которые свидетельствуют об их существенной зависимости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян, Н.А. Влияние геомагнитной активности на кардиореспираторную систему / Н.А. Агаджанян, И.И. Макарова // Авиакосм. и экол. мед. – 2001. – Т.35, № 5. – С. 46 – 49.
2. Агаджанян, Н.А. О метаболических взаимодействиях липидов головного мозга крыс при изменении геомагнитной ситуации / Н.А. Агаджанян, И.И. Макарова, М.Ю. Головки // Бюл. exper. биол. – 2001. – № 3. – С. 321 – 324.
3. Бардак, А.Л. Влияние вариаций параметров геомагнитной обстановки на состояние сердечно-сосудистой системы человека / А.Л. Бардак, А.С. Бородин, В.В. Калежин, А.Г. Колесник // Вестн. Томского гос. унив. – 2003. – Т.278. – С. 134 – 140.
4. Бахмутов, В.Г. Изменения главного магнитного поля и климата в XX веке / В.Г. Бахмутов, В.Ф. Мартазинова, Е.К. Иванова, Г.В. Мельник // Доповіді НАН України. – 2011. – №7. – С. 90 – 94.
5. Бахмутов, В.Г. Палеогеомагнитные вариации / В.Г. Бахмутов // Наук. думка, – Киев. – 2006. – 298 с.
6. Бахмутов, В.Г. Связь изменений климата с геомагнитным полем. 1. Пространственно-временная структура магнитного поля Земли и климата в XX в. / В.Г. Бахмутов, В.Ф. Мартазинова, Н.А. Килифарска, Г.В. Мельник, Е.К. Иванова // Геофиз.журнал. – 2014. – Т.36, №1. – С. 81 – 104.
7. Белокриницкий, В.С. Изменения мозга при действии СВЧ-поля / В.С. Белокриницкий : Монография. – Одесса: Изд-во Одесского гос. мед. Университета, 2002. – 399с.
8. Билобров, В.М. Влияние магнитных полей на биологические процессы / В.М. Билобров, П.К. Хиженков, А.В. Чугай // Препринт Дон. ФТИ-93-2. – Донецк, 1993. – 43 с.
9. Биологические ритмы / В 2-х т. – Т.1. – М.: Изд-во Мир.– 1984.– 414с.

10. Большаков, Т. Д. Магнитные бури как стрессовый фактор / Т. Д. Большаков, Н.К. Малиновская // Биофизика, 1998. – Т. 43, № 4. – С. 632 – 639.
11. Бугримов, Л.П. К вопросу о геолого-геофизических причинах глобальных изменений в биосфере / Л.П. Бугримов, П.И. Пигулевский, Тяпкин О.К. // Праці 3-ї міжнародної конференції «Наука і освіта 2000». – Т.2. – Дніпропетровськ, 2000. – С.19 – 20.
12. Букович, И.И. Микромагнитные и биолокационные исследования даек северо-западной части УЩ / И.И. Букович, М.И. Орлюк, Н.Н. Шаталов // Докл. АН УССР. – 1991. – №4. – С. 48 – 52.
13. Вернадский, В.И. Несколько слов о ноосфере / В.И. Вернадский // Успехи соврем. Биологии. – 1944. – Т.18, Вып. 2. – С. 118 – 120.
14. Вершинина, Н.И. Обострение гипертонической болезни и возмущенность геомагнитного поля / Н.И. Вершинина, Н.А. Петроченко, Ю.С. Шумилов // Клиническая медицина. – 1997. – № 3. – С. 19 – 20.
15. Виллорези, Дж. Влияние межпланетных и геомагнитных возмущений на возрастание числа клинически тяжелых медицинских патологий (инфарктов миокарда и инсультов) / Дж. Виллорези, Т.К. Бреус, Л.И. Дорман // Биофизика. – 1995. – Т. 40, № 5. – С. 983 – 993.
16. Владимирский, Б.М. Солнечная активность и биосфера / Б.М. Владимирский, Л.Д. Кисловский // М.: Знание. – 1982. – 343 с.
17. Гарецкий, Р.Г. Основные проблемы экологической геологии / Р.Г. Гарецкий, Г.И. Каратаев // Літасфера. – 1995. – 2. – С.33 – 41.
18. Герман, Дж. Солнце, погода и климат / Дж. Герман, Р.А. Голдберг // Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 319 с.
19. Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.8./2.2.4.2489-09 / утв. гл. гос. санитарным врачом РФ 02.03.2009. – Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – М.: Юридическая литература, 2009. – №17. – С. 157 – 161.

20. Головин, Н.И. Геомагнитная экология человека / Н.И. Головин, М.В. Курик, Н.М. Гарнага // Биомед. технология и радиоэлектроника – 2002, № 5/6. – С. 41 – 45.
21. Головин, Н.И. Способ лечения гипертонии и устройства, его обеспечивающего / Н.И. Головин // Патент №35508. – 2001.
22. Гордин, В.М. Очерки по истории геомагнитных измерений / В.М. Гордин // ИФЗ РАН. – М., 2004. – 39 – 51с.
23. Горшенина, Т.И., Морфологические характеристики действия переменного магнитного поля (50 Гц) малой напряженности в эксперименте / Т.И. Горшенина, А.Э. Фрумкис // Магнитное поле в медицине. Киргиз. Гос. Мед. Ин-т. – Фрунзе – 1974. – С. 84-86.
24. Григорьев, Ю.А. Ослабленное геомагнитное поле как фактор риска при работе в экранированных сооружениях / Ю.А. Григорьев // Мед. труда и пром. экол. – 1995. – № 4. – 7 – 11 с.
25. Григорьев, Ю.А. Реакция организма в ослабленном геомагнитном поле / Ю.А. Григорьев // Радиационная биология, Радиоэкология. – 1995. – Т. 35, № 1. – С. 3 – 18.
26. Грип та гострі респіраторні інфекції у світі та Україні, прогноз та рекомендації: огляд ; М-во охорони здоров'я України. – 1985-2004. – (Накази МОЗ України №737 від 16.12.1985р., №509 від 23.07.1987р., № 30 від 09.02.1998р.)
27. Демецкий, А. Медико-биологическое обоснование применения МП / А. Демецкий. – Л., 1989.
28. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань / затверджено наказом МОЗ України від 01.08.96 р. № 239. – К., 1996. – 28с.
29. Дрогочина, Э.А. Нарушение вегетативной и сердечно-сосудистой системы при длительном воздействии сверхвысокочастотных электромагнитных полей / Э.А. Дрогочина, М.Н. Садчикова, Г.В. Снегова [и др.] // Гигиена труда и проф. Заболеваний. – 1966. – №10. – С. 13 – 17.

30. Думанський, Ю.Д. Електромагнітна безпека та електромагнітна сумісність технічних засобів / Ю.Д. Думанський, О.І. Запорожець. А.В. Лук'янчиков [та ін.] // Гігієна насел. Місць. – К.,2008. – Вип.51. – С. 210 – 215.
31. Евдокимов, В.И. Комплексная оценка санитарного неблагополучия территорий Курской магнитной аномалии / В.И. Евдокимов // Здрав. РФ. – 2003. – №3. – С. 28 – 20.
32. Евстафьев, В.М. Электромагнитные излучения на транспорте (на примере Южного региона) / В.М. Евстафьев, А.В. Скиба, В.С. Белокриницкий // Доклад на 7-м Международном симпозиуме «Электромагнитная совместимость и электромагнитная экология». Труды симпозиума. – г. Санкт-Петербург, 26-29 июня 2007. – С. 361 – 365.
33. Ентин, В.А. Природные геофизические феномены Украины. Атлас-справочник. / В.А. Ентин // УкрДГРИ. – Киев,2012. – 11с.
34. Жерновой, А.И. Влияние магнитного поля на дыхательную функцию / А.И. Жерновой // Медицинская техника. – Россия. – 1992.– №2.
- Жигалин, А.Д. Экологическая геофизика или геофизическая экология? / А.Д. Жигалин // Геофизика. – 1996. – №2. – С.52 – 57.
35. Завойская, И.Н. Пространственно-временная структура длительных геомагнитных вариаций на Крымском полуострове / И.Н. Завойская, Ю.П. Мищенко // Исследование геомагнитного поля и палеомагнетизма. – Киев. – Наук. Думка. – 1983. – С. 40 – 47.
36. Засєкін, Д.А. Вивчення впливу геомагнітного поля та намагніченої води на технологічні показники курчат-бройлерів / Д.А. Засєкін, Т.М. Орлюк, М.І. Орлюк // Ветеринарна біотехнологія. – 2013. – вип.22.– С.170 – 175.
37. Ильин, В.Н. Корреляция между геомагнитной активностью и сердечным ритмом человека в районе Антарктиды / В.Н. Ильин, В.Г. Бахмутов, Е.В. Моисеенко, Г.П. Милиневский // Бюллетень УАЦ. – 1997. – Вып.1.– С.255 – 258.

38. Калущкий, П.В. Влияние естественного геомагнитного и слабого электромагнитного полей на биологические свойства шигел и сальмонелл: Автореф. дис. . д-ра мед. наук. – М.,1997. – 40 с.
39. Карта аномального магнитного поля ( $\Delta T$ )<sub>a</sub> России (в пределах бывшего СССР) и прилегающие акватории) / [Под ред. Т.П. Литвиновой.] – 1 : 5000000 – Москва. – 2000. – 4л.
40. Карта аномального магнитного поля ( $\Delta T$ )<sub>a</sub> СССР (континентальная часть и некоторые прилегающие акватории) / [Под ред. З.А. Макаровой.] – 1 : 2 500000 – М.: ГУГК, 1977. – 16л.
41. Карта аномального магнитного поля Европы / [Под ред. Т.Н.Симоненко, И.К.Пашкевич.] – 1:5 000 000 – Киев: ГУГК, 1990.–2 л.
42. Карта аномального магнитного поля ( $\Delta T$ )<sub>a</sub> України / [Нечаєва Т.С., Шимків Л.М., Горкавко В.М.] – 1 : 1 000 000. – Київ,2002. – 1 лист.
43. Клочек, Н.В. Предварительные результаты исследований воздействия космофизического излучения неэлектромагнитной природы на физические и биологические системы / Н.В. Клочек, Л.Э. Паламарчук, М.В. Никонова // Биофизика. – 1995,Т.40. – № 4. – С. 889 – 896.
44. Коваленко-Завойский, В.Н. Математическое обеспечение интерпретации поля  $\Delta T$  региональных магнитных аномалий / В.Н. Коваленко-Завойский, И.Н. Иващенко // Геофизич. Журн. – 2006. – Т.28, №5. – С.18-29.
45. Кондратьев, К.Я. Экодинамика и геополитика / К.Я. Кондратьев, В.К. Донченко // Глобальные проблемы СПб. – 1999,Т.1. – 1040 с.
46. Колесова, В.И. Изменение спектральной структуры магнитного поля и его производных с глубиной / В.И. Колесова, А.А. Петрова, В.И. Почтарев В.И. // Аномалии геомагнитного поля и глубинное строение земной коры. – К.: Наукова думка, 1982.– С.44 – 55.
47. Крутиховская, З. А. Магнитная модель и структура земной коры Украинского щита / З. А. Крутиховская, И. К. Пашкевич, И.М. Силина // – Киев: Наук. Думка, 1982. – С.214.

48. Крутиховская, З.А. Отчет: Изучение динамики магнитного поля Земли / З.А. Крутиховская, И.Н.Завойская ; Институт геофизики АН УССР. – Киев, 1980. – 240с.
49. Крутиховская, З.А. Региональные магнитные аномалии юго-западной части Восточно-Европейской платформы и мелкомасштабное прогнозирование полезных ископаемых / З.А.Крутиховская, Э.В. Мельничук, С.Г. Слоницкая, М.И. Орлюк // Докл. АН УССР. Сер.Б. – 1985. – № 5. – С.10 – 19.
50. Крутиховська, З.О. Наземна абсолютна магнітна зйомка території Української ССР / З.О. Крутиховська, І.К. Пашкевич, О.М. Русаков, В.Д. Соловійов // Вісн.УРСР. – 1973. – N 9. – С.101–102.
51. Кужко, М. Магнитофоротерапия в комплексном лечении больных с обструктивным бронхитом и влияние ее на иммунологическую реактивность / М. Кужко, В. Молотков [и др.] // Пульмонология. – 1985. – №7.
52. Лайонс, Л. Физика магнитосферы / Л. Лайонс, Д. Уильямс. – М:Мир,1987.
53. Ліпінський, В.М. Клімат України / В.М. Ліпінський, В.А. Дячук, В.М. Бабіченко – К.: Вид.Раєвського,2008. – 343с.
54. Луговенко, В.Н. Статистический анализ аномального магнитного поля на территории СССР / В.Н. Луговенко // Москва, Наука. – 1974. – 199с.
55. Максимчук, В. Динаміка аномального магнітного поля Землі / В. Максимчук, Ю. Городиський, В. Кузнецова // Львів: Євросвіт.–2001. – 308с.
56. Максимчук, В.Е. Короткопериодные вариации геомагнитного поля  $\Delta T$  в центральной части Днепровско-Донецкой впадины / В. Е. Максимчук, М.И.Орлюк [и др.] // Геофиз. Журнал. – 1996. – Т.18, N 3. – С. 52 – 57.
57. Максимчук, В.Е. Тектономагнитные исследования на юго-западной окраине Восточно-Европейской платформы / В.Е. Максимчук, Ю.М. Городиський [и др.] // ДАН УРСР. – 1991. – N 7. – С.16.
58. Максимчук, В.Ю. Наземна абсолютна магнітна зйомка на опорній мережі пунктів вікового ходу в Україні для епохи 2005 року / В.Ю.

Максимчук, М.І. Орлюк [и др.] // Геофиз. журнал. – 2010. – Т.32, № 6. – С. 102 – 116.

59. Мартазинова В.Ф. К вопросу о связи геомагнитной активности и атмосферной циркуляции // Геофиз. Журн. – 2006. – Т.28, №4. – С. 135 – 139.

60. Мартинюк, В.С. У природы нет плохой погоды: космическая погода в нашей жизни / В.С. Мартинюк, Н.А. Темуриянц, Б.М. Владимирский. – Киев: ЧП “Р.К. Мастер-принт”, 2008. – 272с.

61. Мельникова, С.Л. Особенности ответных реакций здоровых людей на резкие колебания погоды и магнитные бури / С.Л. Мельникова, В.В. Сахаров, С.Л. Кравченко // Физиология человека. – 1995. – Т. 21, № 3. – С. 125 – 130.

62. Непомнящих, Ш. Тканевая и внутриклеточная реорганизация миокарда мышей при воздействии гипогеомагнитного поля / Ш. Непомнящих, Е.Л. Лушникова, М.Г. Клиникова, О.П. Молодых, Н.В. Ащеулова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1997. – №10. – С. 455 – 459.

63. Нечаева, Т.С. Використання даних потенціальних полів для прогнозування покладів нафти і газу в межах ДДЗ та Причорноморсько-Кримської нафтогазоносною провінції : Сб.тез. Геодинамика и нефтегазоносные структуры Черноморско-Каспийского региона / Т.С. Нечаева, Б.М. Дзюба, Л.М. Шимків, В.В. Огарь – Симферополь, 2002. – 144 – 145с.

64. Нечаева, Т.С. Результаты высокоточной аэромагнитной съемки масштаба 1:25000 в центральной части ДДВ в пределах региональных профилей МОГТ Михайловка-Прокопенки и Лычково-Валки / Т.С. Нечаева // Отчет за 1989-1990 гг., фонды «Геоінформ». – 1990.

65. Никитина, В.В. Гигиеническая оценка магнитных полей в электропоездах и технологических зонах метрополитена / В.В. Никитина, Г.Г. Лашко, Ю.А. Копытенко, Л.В. Абабурко // Мед. труда и пром. экология. – 2002. – №3. – С. 16 – 18.



66. Никитина, В.В. Сравнительный анализ влияния магнитных полей различной интенсивности в эксперименте / В.В. Никитина, А.А. Скаронец, Л.С. Онищенко // *Вопр. кур. физиотер. и леч. Физ.* – 2002. – № 3. – С. 34 – 35.
67. Никитина, Н.Г. Здоровье населения в условиях воздействия электромагнитных излучений / Н.Г. Никитина // *Гігієни нас. місць.* – Вип.43. – К.,2004.– С. 250 – 252.
68. Николаев Ю.В., Годин Е.Е. Физические поля биологических объектов // *Вестник АН СССР.*—1983.—№8.—С.118 – 125.
69. Орлюк, М.И. Возмущенность магнитного поля Земли и некоторые аспекты инфекционных заболеваний / М.И. Орлюк, А.Ф. Фролов, В.И. Задорожная, А.А. Роменец // *Геофизич. Журн.* – 2007.– Т.29,№6. – С.148– 156.
70. Орлюк, М.И. Геомагнитное поле Украины: экологический аспект / М.И. Орлюк, А.А. Роменец // *Геолог Украины.* – 2003. – №1 – С.64 – 70
71. Орлюк, М.И. Исследование динамики геомагнитного поля в районе Черниговской региональной аномалии / М.И. Орлюк, А.А. Роменец, М.И. Бакаржиева, Т.В. Лебедь // *Вестник Пермского университета. Серия “Геология”.* – 2014. – Вып. 3(24). – С. 48 – 59.
72. Орлюк, М.И. Магнитометрические исследования при региональном и локальном прогнозе нефтегазоносности земной коры Днепровско- Донецкой впадины / М.И. Орлюк, В.Е. Максимчук, Г.И. Вакарчук, П.М. Чепиль // *Геофиз. журнал* – 1998. – Т.20, N3. – С.92 – 102.
73. Орлюк, М.И. Методика и первые результаты построения четырехмерной магнитной модели земной коры территории Украины / М.И. Орлюк // *Доп. НАН України.* – 1996. – №5. – С.95 – 99.
74. Орлюк, М.И. Новый критерий оценки пространственно-временной возмущенности магнитного поля Земли и некоторые аспекты его использования / М.И. Орлюк, А.А. Роменец // *Геофизич. Журн.* – 2005. – Т.27, №6. – С.1012 – 1023.
75. Орлюк, М.И. Пространственно-временная структура геомагнитного поля в районе архипелага Аргентинские острова (станция «АВ») / М.И.

Орлюк, А.А. Роменец // Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції “Моніторинг геологічних процесів”. – м.Київ, 14–17 жовтня 2009 р. – ВПЦ “Київський університет”. – 2009. – С.92 – 94.

76. Орлюк, М.И. Пространственные и пространственно-временные магнитные модели разноранговых структур литосферы континентального типа / М.И. Орлюк // Геофизич. журн. – 2000. – т.22, №6. – С.148 – 165.

77. Орлюк, М.И. Связь аномального магнитного поля со строением земной коры Вольно-Подольской плиты / М.И. Орлюк // Исследование геомагнитного поля и палеомагнетизма. – Киев: Наук. думка, 1983. – С.30 – 40.

78. Орлюк, М.И. Структура и динамика главного магнитного поля Земли на ее поверхности и в ближнем космосе / М.И.Орлюк, А.А. Роменец // Odessa astronomical publications .– 2011. – Vol.24. – P.124 – 129.

79. Орлюк, М.І. Геомагнітне екологічне поле України / М.І. Орлюк, А.О. Роменець // Вісник Київського Національного Університету. Геологія. – 2002. – Т.23,№24. – С. 88 – 91.

80. Орлюк, М.І. Геофізична екологія – основні задачі та шляхи їх розв’язку / М.І. Орлюк // Геофизич. журн. – 2001. – Т.23, №1. – С.49 – 59.

81. Орлюк, М.І. Курська Магнітна Аномалія: аналіз аномального магнітного поля за даними наземних, стратосферних та супутникових зйомок / М.І. Орлюк, А.В. Марченко, М.І. Бакаржієва // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики.–Київ. – 2013. – С. 107 – 116.

82. Орлюк, М.І. Магнітне екологічне поле мегаполісу ( на прикладі м. Києва) / М.І. Орлюк, А.О. Роменець // Екологія і природокористування. – 2004. – Випуск 7. – С. 142 – 147.

83. Орлюк, М.І. Магнітосфера Землі / М.І.Орлюк // Екологічна енциклопедія: у 3 т. / [ред. А.В.Толстоухов та ін.]. – К.:ТОВ“Центр екологічної освіти та інформації”,2007. – Т.2: Є–Н. – 266с.

84. Орлюк, М.І. Оцінка намагніченості консолідованої кори Дніпровсько-Донецького авлакогену / М.І. Орлюк, І.К. Пашкевич // ДАН України. – 1994. – N 5. – С.125 – 128.
85. Орлюк, М.І. Оцінка та прогноз збуреності магнітного поля Землі / М.І. Орлюк, А.О. Роменець, Т.П. Сумарук // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2005. – С. 246 – 260.
86. Орлюк, М.І. Розробка 3D магнітної моделі земної кори Східно-Європейського кратону з врахуванням сферичності Землі / М.І. Орлюк, А.В. Марченко // Геодинаміка. – 2011. – №2(11). – С. 224 – 227.
87. Орлюк, Т.М. Про можливий зв'язок між захворюваністю ВРХ на лейкоз і природним магнітним полем Землі / Т.М. Орлюк, М.І. Орлюк // Науковий вісник Львівського національного університету ім.С.З.Гжицького. – 2012. – Т.14,№2(52). – С.128 – 132.
88. Осипова, А.Ю. Медицинские проблемы обеспечения электромагнитной безопасности рабочих мест / А.Ю. Осипова, Ю.Г. Рябов. – Москва, 1995.
89. Отчет по теме: Исследование вариаций геомагнитного поля / [О.М. Русаков, И.Н. Завойская, Г.Ф. Загний, Ю.П. Мищенко]; Институт геофизики АН УССР. – 1975. – 230с.
90. Павлюк, О.М. Методи регіонального просторово-часового моделювання геомагнітного поля / О.М. Павлюк // Геодинаміка. – 2011. – №2(11). – С. 230 – 232.
91. Пашкевич, И.К. Граница платформы по данным магнитных исследований / И.К. Пашкевич // Литосфера Центральной и Восточной Европы. Восточно-Европейская платформа. – Киев:Наук.думка. – 1989. – 18—22с.
92. Пашкевич, И.К. Магнитная модель литосферы Европы / [И.К.Пашкевич, В.С. Марковский, М.И. Орлюк и др.] – Киев: Наук.думка,1990. – 168с.

93. Пашкевич, И.К. Методика выделения и интерпретации региональных магнитных аномалий (на примере Украинского щита) / И.К. Пашкевич // Геофиз.сб. – 1976. – № 73. – С. 30 – 36.
94. Петрова, Г.Н. Внутрорегиональные и межрегиональные корреляции изменений палеонапряженности в позднем плейстоцене / Г.Н. Петрова, О.В. Пилипенко // Физика Земли. – 2000. – №3. – С. 50 – 58.
95. Походзей, Л.В. Гипогеомагнитные условия как неблагоприятный фактор производственной среды: дис. ... доктора мед. Наук: 14.00.50 / Л.В. Походзей. – М., 2004. – 190с.
96. Почтарев, В.И. Нормальное магнитное поле и вековые вариации / В.И.Почтарев, М.А.Эфендиева // Принципы магнитной картографии. – Ленинград. – 1985. – Труды ВСЕГЕИ. – Т.337. – С.26 – 36.
97. Пресман, А.С. Электромагнитные поля в биосфере / А.С. Пресман // М.:Знание, 1971. – 64с.
98. Резинкина, М.М. Ослабление геомагнитного поля в многоквартирных домах различных проектов / М.М. Резинкина, Д.Е. Пелевин, Ю.Д. Думанский, С.В. Биткин // Гігієна населених місць. – 2009. – №54. – С. 209 – 216.
99. Реутов, Ю.Я. Магнитные поля, действующие на человека, и другие биологические объекты в условиях современного города / Ю.Я. Реутов, А.А. Литвиенко // Экология. – 1987. – N1. – С. 66 – 74.
100. Розе, Т.Н. Региональные магнитные аномалии Украины и их связь с геотектоникой / Т.Н. Розе // Учен.записки Ленингр.ун-та, сер.Физ.наук. – 1937. – №3. – С.123 – 133.
101. Розов, В.Ю. Анализ техногенных искажений геомагнитного поля в помещениях и нормирование их допустимых уровней / В.Ю. Розов, М.М. Резинкина, Ю.Д. Думанский, С.В. Биткин // Гігієна населених місць: зб.наук. пр. – К.: ДУ «ІГМЕ АМНУ», 2008. – №55. – С. 98 – 104.
102. Розов, В.Ю. Исследования техногенного искажения геомагнитного поля в жилых и производственных помещениях и определение путей их

- снижения до безопасного уровня / В.Ю. Розов, М.М. Резинкина, Ю.Д. Думанский, Л.А. Гвозденко // Техническая электродинамика. Тематический выпуск «Проблемы современной электротехники». – 2008. – Ч.2. – С. 3 – 8.
103. Розов, В.Ю. Оптимизация параметров систем компенсации стационарных искажений геомагнитного поля в помещениях / В.Ю. Розов, Д.Е. Пелевин, С.Ю. Реуцкий // Технічна електродинаміка. – 2009. – №5. – С. 11 – 16.
104. Розов, В.Ю. Пути нормализации техногенных искажений геомагнитного поля в среде длительного пребывания людей / В.Ю. Розов, М.М. Резинкина, Д.Е. Пелевин // Гігієна населених місць: зб.наук. пр. – К.: ДУ «ІГМЕ АМНУ», 2007. – №50. – С. 232 – 242.
105. Розов, В.Ю. Экспериментальные исследования явления ослабления статического геомагнитного поля в помещениях / В.Ю. Розов, Д.Е. Пелевин, С.В. Левина // Електротехніка і Електромеханіка. – 2013. – №6. – С. 72 – 76.
106. Роменец, А.А. Мониторинг и анализ низкочастотного техногенного магнитного шума в г.Киеве / А.А. Роменец, И.М. Орлюк // Геодинаміка. Науковий журнал. – 2013. – №2(15). – С. 314 – 317.
107. Роменец, А.О. Звіт про результати науково-дослідних робіт за напрямком “геолого-геофізичні дослідження” під час 12-ї Української антарктичної експедиції (2007-2008р.). – Київ. – ІГФ-УАЦ. – 2008. – 74с.
108. Роменец, А.О. Нові дані щодо просторово-часової структури геомагнітного поля в районі УАС «Академік Вернадський» / А.О. Роменец, М.І. Орлюк // Геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища. Матеріали наукової конференції 6-10 жовтня 2008р. – м.Львів. – С. 30 – 31.
109. Самохвалов, В.П. Эффект космофизических флуктуаций при психических заболеваниях / В.П. Самохвалов // Проблемы космической биологии. – 1989. – Т.65. – С. 65 – 80.
110. Свистун, В.К. Використання геофізичних методів під час вирішення завдань екології та техногенної безпеки / В.К. Свистун, П.І. Пігулевський,

- О.К. Тяпкін // Праці наук. конф. «Геологічна наука і освіта в Україні на межі тисячоліть: стан, проблеми, перспективи». – Львів:ЛНУ,2000. – С.149 – 150.
111. Сергеев, В.А. Магнитосфера Земли / В.А. Сергеев, Н.А. Циганенко // М.: Наука. – 1975.
112. Сердюк, А.М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как фактором внешней среды / А.М. Сердюк // К.:Наукова думка,1977. – 228с.
113. Сердюк, А.М. Екологічна значущість геомагнітного поля та медично-біологічні передумови гігієнічної регламентації його ослаблення в умовах України / А.М. Сердюк, П.Є. Григор'єв, В.Я. Акіменко, С.В. Протас // Довкілля і здоров'я. – 2010. – №3. – С. 8 – 11.
114. Серпов, В.Ю. Влияние естественных магнитных полей на безопасность жизнедеятельности человека в зонах геофизических аномалий Европейской части России: Автореф. дис. д-ра мед. наук. – Санкт-Петербург,2007. – 5 – 13 с.
115. Серпов, В.Ю. Особенности влияния геомагнитных возмущений на динамику несчастных случаев на городском электротранспорте / В.Ю. Серпов // Профессия и здоровье: Мат-лы IV Всерос. Конгресса. – М.,2005. – С. 587 – 588.
116. Сидякин, В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему / В.Г. Сидякин. – Киев:Наук.Думка,1980. – 179с.
117. Смирнов, А.А. Применение геофизических методов при решении геолого-экологических задач / А.А. Смирнов // Геоэкологические исследования и охрана недр. – Вып.3. – Москва:Геоинформмарк.,1992. – С. 8 – 20.
118. Старостенко, В.И. Методы восстановления гармонических функций по магнитному полю  $\Delta T$  и функция В.Н. Страхова  $\Delta S$ : обзор / В.И. Старостенко, В.Н. Шуман, И.К. Пашкевич [ и др.] // Физика Земли. – 2013. – №1. – С.151 – 160.

119. Страхов, В.Н. Общая методология интерпретации гравитационных и магнитных аномалий в рамках третьей парадигмы. Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей / В.Н. Страхов. – Москва:ОИФЗ РАН,2000. – 175 – 177с.
120. Травкин, М.П. Жизнь в магнитном поле / М.П. Травкин. – Белгород: Белгород. пед. ин-т,1971. – 192с.
121. Трегубенко, В.І. Компоненти магнітного поля Землі на території України для епохи 2010 р. за результатами вимірювання у пунктах вікового ходу / В.І. Трегубенко, В.Ю. Максимчук [та ін.] // Мінеральні ресурси України.– 2013. –№3. – С. 37 – 40.
122. Третьяк, А.Н. Феномен Галактического года в эволюции Земли / А.Н.Третьяк // Геофиз. журн. – 1996. – Т.18,№6. – С. 31 – 38.
123. Трифонов, В.Г. Геодинамика и история цивилизаций / В.Г. Трифонов, А.С. Караханян // М.: Наука,2004. – 668 с.
124. Тяпкин, К.Ф. Новая ротационная гипотеза структурообразования и ее геолого-математическое обоснование: монография / К.Ф. Тяпкин, М.М. Довбнич. – Донецк. – «Ноулидж»,2009. – 187 – 204 с.
125. Уразаев, М.А. Физиологические свойства нервной системы как критерий индивидуально-типологических различий человека-оператора на магнитное поле. Применение магнитного поля в медицине, биологии и сельском хозяйстве / М.А. Уразаев. – Саратов:СГУ,1978. – 100с.
126. Фатхутдинова, Л.М. Влияние электромагнитных полей частотой до 400 кГц на нервную систему / Л.М. Фатхутдинова // Мед. труда и пром. экол. – 2001,№9. –С. 20 – 22.
127. Холодов, Ю.А. Влияние магнитных полей на биологические объекты / Ю.А. Холодов. – Науч. сбор. – М.: Наука, 1971. – 216с.
128. Холодов, Ю.А. Организм и магнитные поля / Ю.А. Холодов // Успехи физиологических наук. – 1982. – Т.13, №2. – С. 48 – 64.
129. Холодов, Ю.А. Проблемы солнечно-биосферных связей. / Под ред. В.П. Казначеева, Н.Р. Деряпы // Новосибирск, 1982.– 102 с.

130. Чаклин, А.В. Медицинская география / А.В. Чаклин // М.: Знание. – 1977. – 126 с.
131. Чижевский, А.Л. Земное эхо солнечных бурь / А.Л. Чижевский. – Москва: Медицина, 1976. – 75 – 157с.
132. Чижевский, А.Л. Космический пульс жизни / А.Л. Чижевский. – М.:Мысль,1995. – 768с.
133. Шандала, М.Г. Санитарный надзор за источниками электромагнитных излучений в окружающей среде / М.Г. Шандала, Ю.Д. Думанский, Д.С. Иванов // Здоровье. – К.,1990. – 150с.
134. Шапиро, В.А. Исследование временной динамики Манчажской региональной магнитной аномалии / В.А. Шапиро // Известия АН СССР. – Физика Земли. – 1982. – №8. – С. 65 – 77.
135. Шимків, Л.М. Створення електронних карт потенціальних полів на стадії підготовчого та передпольового періодів при ГДП-200 / Л.М. Шимків, Т.С. Нечаєва, В.А. Єнтін. – Регіональні геологічні дослідження в Україні і питання створення Держгеолкарти 200. – Київ,2001. – 92 – 93с.
136. Эйди, У.Р. Электромагнитное загрязнение планеты и здоровье / У.Р. Эйди, Х. Дельгадо, Ю.А. Холодов. – Наука и человечество. – М.:1.Знание,1989. – 10 – 18с.
137. Яновский, Б.М. Земной магнетизм / Б.М. Яновский. – М.:ЛОЛГУ, 1978. – Ч.1. – 592с.
138. Analysis of a geomagnetic field in Ecology / M.I.Orlyuk. – 2007. – Access mode: [www.cosis.net/06649/EGS02-A-06649.pdf/](http://www.cosis.net/06649/EGS02-A-06649.pdf/)
139. Chulliat, A. The Enhanced Magnetic Model 2015–2020 / A. Chulliat, P. Alken [et al.] // National Centers for Environmental Information, NOAA. – 2015b. – doi: 10.7289/V56971HV.
140. Chulliat, A. The US/UK World Magnetic Model for 2015-2020 / A. Chulliat, S. Macmillan [et al.] // Technical Report. –National Geophysical Data Center, NOAA. – 2015a. – doi: 10.7289/V5TB14V7.



141. DGRF/IGRF [Electronic Resource]. – Mode of access: URL: DGRF/IGRF Geomagnetic Field Model 1945–2015 and Related Parameters .htm/ – Title from the screen.
142. Dorman, L.I. Possible manifestation of solar activity and cosmic ray intensity influence on climate change in England in middle ages (through wheat market dynamics) / L.I. Dorman, L.A. Pustil'nik, G. Yon Din. – Solar physics. – 2004. – Vol.223. – 31 – 55p.
143. Duma, G. Map of magnetic declination in Europe (2006) / [G. Duma, B. Leichter, and MagNet Group (T.Bayer, M.Brkis et al.) // CCGM-CGMW.Paris. – France. – www.ccgm. org – 2012. – 1Sh.
144. Earth's lithospheric magnetic field determined to spherical harmonic degree 90 from CHAMP satellite measurements / [S. Maus, M. Rother, K. Hemert, et al.]. – Geophysical Journal International. – 164,2006 – 319 – 330p.
145. Heirtzler, J., Allen H. and Wilkinson D. Ever-present South Atlantic Anomaly damages spacecraft / J. Heirtzler, H. Allen and D. Wilkinson // EOS, Transactions American Geophysical Union. – 2002. – 83(15). – P. 165–172.
146. Investigations carried out with using Ukrainian Observatory data: Deep Electromagnetic Soundings Mantle around Teisseyre-Tornquist Zone. NATO Advanced Research Workshop held at Belsk Duzy / M.I.Orlyuk. – Poland, May 30–June 2, 2001. – Abstracts volume. – 13 – 14p.
147. Kirschvink, J. Magnetite in human tissues: A mechanism for the biological effects of weak ELF magnetic fields / J. Kirschvink // Bioelectromagnetics Suppl. – 1992. – Vol. 1. – P. 101 – 113.
148. Maglodan project. The first step in merging the national geomagnetic maps of Romania, Ukraine and Republic of Moldova / [L. Besutiu, Pashkevich I., Orlyuk M., Besutiu G., Ivan M., Neaga V.]. – Tectonics and regional Geology. – 1999. – Vol.77. – Supplement no.1. – 66 – 67p.
149. MAGLODAN Project. The first step in merging the national geomagnetic maps of Romania, Ukraine and Republic of Moldova / [L. Besutiu, Pashkevich I.,

Orlyuk M., Besutiu G., Ivan M., Neaga V.] // Journal of Balkan Geophys. Soc. – 2000.– Vo. 3,№3. – 4 – 52p.

150. Maksymchuk, V. Ukrainian geomagnetic repeat station on work and results of the field work reduced to the epoch 2005.5 / V. Maksymchuk, Orlyuk M. [et al.] // ANNALS OF GEOPHYSICS, 55, 6. – 2012. – doi: 10.4401/ag-5406.– P. 1161-1165

151. Manda, M. Observing, modeling, and interpreting magnetic fields of the solid Earth / M. Manda, M. Purucker. – Surveys in Geophysics,2005.

152. Maus, S. CHAMP magnetic mission. In: Gubbins D and Herrero-Bervera E (eds.) / S. Maus. – Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism. – Heidelberg: Springer,2007.

153. Maus, S. EMAG2: A 2–arc min resolution Earth Magnetic Anomaly Grid compiled from satellite, airborne, and marine magnetic measurements / S. Maus [et al.] // Geochem. Geophys. Geosyst.,10. – 2009. – Q08005. – doi:10.1029/2009GC002471.

154. NSSDC.GSFC.NASA [Electronic Resource]. – Mode of access: URL: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/space/model/magnetos/igrf/html/> – Title from the screen.

155. Space Weather Prediction Center [Electronic Resource]. – Mode of access: URL: <http://www.swpc.noaa.gov/>– Title from the screen.

156. Olsen, N. Gubbins D and Herrero–Bervera E (eds.) / N. Olsen, I. Orsted. – Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism. – Heidelberg: Springer,2007.

157. Orliuk, M. Space-temporal structure of the magnetic field in territory of Ukraine / M. Orliuk, A. Romenets, Y. Sumaruk, T. Sumaruk // Геофізич. Журнал. – 2010. – Т.32, № 4. – С. 126 – 127.

158. Orlyuk, M.I. Geomagnetic maps of the region of the station “Academic Vernadsky”: geological and ecological aspects / M.I. Orlyuk, A.A. Romenets // Ukraine in Antarctica – National Priorities and Global Integration. – International

- Antarctic Conference IAC2008. May 23-25. – 2008. – Kyiv, Ukraine. – International Polar Year 2007/8. – Abstracts. – P.89.
159. Planetary magnetic fields of the solar system / M. Purucker. – 2011. – Access mode: <http://planetary-mag.net/index.html/>
160. Saunders, R. Developmental effects of physiologically weak electric fields and heat: An overview / R. Saunders, C. McCaig // *Bioelectromagnetics*. – 2005. – Vol.26,N.57. – P. 127 – 132.
161. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM–2008 – [acting from Juli 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN,2008. – 5p. Access mode: [http:// www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf](http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf)
162. The investigation of regional magnetic anomalies in the south-west of the East - European platform / [Z.A. Krutikhovskaya, I.K. Pashkevich, G.I. Karataev, R.A.Apirubite, I.V.Dankevich, M.I.Orlyuk]. – *Aktuelle Probleme der geomagnetischen Forschung*. – Potsdam,1981. – 45 – 58p.
163. Thébault, E. On the geographical distribution of induced time-varying crustal magnetic fields / E. Thébault, K. Hemant, G. Hulot, N. Olsen. – *Geophys. Res. Lett.*, 36, L01307, doi:10.1029/2008GL036416. – 2009.
164. Tomassen, G.I.M. Solar imprinting in geomagnetic fields: some biological consequences / G.I.M. Tomassen. – *Proc. of Intern. Symposium “Exact, natural and human sciences in the presence of uncontrolled environmental factors”*. – Brussels: CIFA, 1992. – 47 – 51p.
165. Wilin, J. Psychophysiological tests and provocation of subjects with mobile phone related symptoms / J. Wilin, A. Johansson, N. Kalezic, E. Lyskov, M. Sandstrum // *Bioelectromagnetics*. – 2006. – Vol. 27,N. 1. – P. 204 – 214.