

Доклад на работна група по задача 3.3. Създаване на Програма за обновяване и усъвършенстване на Държавните геодезически мрежи (Държавна гравиметрична мрежа) към Съвета по геодезия, картография и кадастър

АНАЛИЗ НА ДЪРЖАВНАТА ГРАВИМЕТРИЧНАТА МРЕЖА НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Държавната гравиметрична мрежа служи като опорна мрежа за изучаването на гравитационното поле на територията на страната. Държавната гравиметрична мрежа представлява част от единната геодезическа основа на Р България. Предназначението на Държавната гравиметрична мрежа е да подсигури равномерно разположени точки с определени стойности на силата на тежестта с максимално висока точност за територията.

Изучаването на гравитационното поле за територията на дадена държава е от национално стопанско и икономическо значение. Гравитационното поле се моделира с измервания на ускорението на силата на тежестта в отделни точки. Гравиметричните определения са необходими за решаване на задачи от научно и практическо значение в областта на геодезията, геофизиката, геологията, геодинамиката, метрологията, океанологията, космонавтиката и др.

Изучаването на гравитационното поле е предмет в науките геофизика и геология. При тях гравитационното поле се изучава регионално и локално с висока точност за моделиране на строежа на земната кора, откриване залежи на полезни изкопаеми. Изходните точки за тези изследвания са от точки с определена сила на тежестта от Държавната гравиметрична мрежа.

В геодезията изучаването на гравитационното поле е от основно значение при:

- Височинните определения – при обработка на прецизни нивелачни измервания се нанасят поправки, изчислявани въз основа на стойности за силата на тежестта по точките от измерването, за преминаване към официално приетата система „нормални височини” в страната;
- Определянето на повърхнината на квазигеоида за територията на страната – най-точният метод за определянето на тази повърхнина се основава на гравиметрични данни. Определянето на тази повърхнина е от научно и практическо значение. При определяне на тази повърхнина с дефинирана точност за страната може директно да се използват GNSS определения за получаване на нормални височини.
- Следене на изменения в гравитационното поле – моделиране на времевите вариации има пряко отношение към промените в структурата на земните слоеве, наличието на климатични промени, следенето на движения на земната кора, промени в параметрите на ориентация и движение на Земята и др.
- Гравиметрични измервания при прецизни инженерно-технически работи – изграждане и следене на деформации големи водохранилища, проектиране и изграждане на високоскоростни жп линии и др.

- Следене на геодинамични процеси с помещта на гравиметрични измервания и др.

Изучаването на гравитационното поле за нуждите на геодезията, геологията, геофизиката и др. науки се основава на изходни данни от Държавната гравиметрична мрежа за територията на страната. Поради тази причина е от особена важност поддържането на тази мрежа да отговаря на съвременните изисквания за качество на фундаменталните гравиметрични мрежи.

В настоящият доклад се дават законовата и нормативната база имащи отношение към Държавната гравиметрична мрежа и гравиметричните измервания. Прави се исторически преглед на гравиметричните дейности в България до наши дни. Направен е обзор базиран на всички налични източници в тази област. В заключение се прави анализ на съвременното състояние на Държавната гравиметрична мрежа и базите данни и материали за изучаване на гравитационното поле. Дадени са предложения и насоки за бъдещото ѝ развитите.

I. Законова рамка и нормативна база, регламентираща Държавната гравиметрична мрежа на Република България, поддържането и предназначението ѝ, гравиметричните измервания и данни на територията на страната

- 1. Закон за геодезията и картографията** (Обн. ДВ. бр.29 от 7 Април 2006г., изм. ДВ. бр.57 от 13 Юли 2007г., изм. ДВ. бр.109 от 20 Декември 2007г., изм. ДВ. бр.36 от 4 Април 2008г., изм. ДВ. бр.19 от 13 Март 2009г., изм. ДВ. бр.74 от 15 Септември 2009г., изм. ДВ. бр.77 от 1 Октомври 2010г.)

Извадки от закона регламентиращи Държавната гравиметрична мрежа на Република България, поддържането ѝ, гравиметричните измервания и данни на територията на страната.

Чл. 3. (1) Основни дейности в областта на геодезията и картографията са: ... т. 3. поддържането на държавна гравиметрична мрежа и на мрежи от мареографни и магнитни станции;

Чл. 9. (1) Министърът на отбраната осигурява: ... т. 4. поддържането на основната гравиметрична мрежа и определянето на магнитната деклинация за територията на страната;

Чл. 12. (3) Определянето на Българската геодезическа система се извършва чрез:

1. изграждане и поддържане на равномерно разпределени върху цялата територия на Република България геодезически точки, които съставляват единната геодезическа основа;
2. използване на спътникови, геодезични, гравиметрични, астрономични и геомагнитни измервания с висока точност въз основа на резултатите, от които се определят геодезическите координати, надморските височини, ускорението на силата на тежестта и магнитната деклинация на точките;
3. определяне на трансформационните параметри между Българската геодезическа система и други референтни системи, прилагани в страната;
4. определяне на параметрите на земното гравитационно поле за територията на страната;
5. използване на данни от постоянно действащи станции за определяне на положение за нуждите на геодезическите и топографските измервания и за навигацията.

Чл. 13. (1) Единната геодезическа основа на територията на Република България включва следните геодезически мрежи:

1. държавната геодезическа мрежа - предназначена да материализира и разпространи на територията на страната геодезическата координатна система;
 2. държавната нивелачна мрежа - предназначена да осигурява единна височинна основа за геодезическите измервания;
 - 3. държавната гравиметрична мрежа - предназначена за определяне параметрите на гравитационното поле;**
 4. мрежата от мареографни станции - предназначена за регистриране колебанията на нивото на Черно море и определяне на средните му стойности;
 5. мрежата от магнитни станции - предназначена за определяне деклинацията на магнитното поле.
- (2) Държавната геодезическа мрежа се съгъстява с точки от геодезически мрежи с местно предназначение.
- (3) Редът и техническите изисквания за създаване, приемане и поддържане на геодезическите мрежи по ал. 1, т. 1, 3 и 5 се определят с наредби на министъра на отбраната съгласувано с министъра на регионалното развитие и благоустройството.**
- (4) Редът и техническите изисквания за създаване, приемане и поддържане на геодезическите мрежи по ал. 1, т. 2 и 4 и ал. 2 се определят с наредба на министъра на регионалното развитие и благоустройството съгласувано с министъра на отбраната.
- Чл. 20. (1) (Изм. - ДВ, бр. 57 от 2007 г., в сила от 13.07.2007 г.) Държавният геодезически, картографски и кадастрален фонд (Геокартфонд), поддържан от Агенцията по геодезия, картография и кадастър, съхранява геодезически, картографски, кадастрални и други материали и данни по реда, установен от Закона за Националния архивен фонд.**
- (3) В Геокартфонда се предават за съхраняване:
1. копия с данни за държавната геодезическа и държавната гравиметрична мрежа;

Чл. 21. (1) Материалите и данните, предоставени в Геокартфонда, се съхраняват безсрочно или за определен срок.

(2) На безсрочно съхраняване подлежат:

1. каталозите (регистрите) с координати, надморски височини, **гравиметрични данни**, данни от мареографни измервания, данни от магнитни измервания, измервания за изследване на геодинамични явления;

2. Наредба № 2 от 30 юли 2010 г. за дефиниране, реализация и поддържане на Българската геодезическа система (ДВ, бр. 62 от 2010 г.)

Извадки от Наредба № 2 регламентиращи Държавната гравиметрична мрежа като част от Единната геодезическа основа на територията на Република България.

В Наредба № 2 се дефинира височинната система, като част от Българската геодезическа система 2005, която се реализира с данни за силата на тежестта в гравиметрична система IGSN 1971.

Чл. 4. Единната геодезическа основа на територията на Република България включва следните геодезически мрежи:

1. държавната геодезическа мрежа;
2. държавната нивелачна мрежа;
- 3. държавната гравиметрична мрежа;**
4. мрежата от мареографни станции;
5. мрежата от магнитни станции.

Чл. 5. Българската геодезическа система 2005 се реализира и поддържа от специализираните органи на Министерството на отбраната и Министерството на регионалното развитие и благоустройството съгласно съответните им задължения по Закона за геодезията и картографията.

Чл. 6. Българската геодезическа система 2005 включва:

1. фундаментални геодезически параметри според Геодезическата референтна система 1980 (GRS80) съгласно приложение № 1;
2. геодезическа координатна система ETRS89;

3. височинна система, реализирана чрез нивелачните репери от Държавната нивелачна мрежа, включени в Обединената европейска нивелачна мрежа (UELN) и определени в Европейската вертикална референтна система (EVRS) с помощта на данни за силата на тежестта в унифицирана гравиметрична система (IGSN 1971);

4. геодезическа проекция - Универсална напречна цилиндрична проекция на Меркатор (Universal Transverse Mercator - UTM), и въведената чрез нея система от правоъгълни равнинни координати;

5. система за разграфка и номенклатура на картните листове съгласно приложение № 3.

3. **Инструкция за гравиметрични измервания**, Главно управление геодезия и картография и Главно управление по геология и охрана на земните недра, София, 1965

4. **Наредба No. Н-9 от 20.05.2014 г. за Държавна гравиметрична мрежа**, Министерство на отбраната на Република България, 2014

II. Исторически преглед на гравиметричните измервания, еталонни полигони, мрежи, данни и карти в Република България

1940 г. Създава се **първата основна гравиметрична станция** в България, намираща се в Агономическия факултет на Софийския университет. Извършени са измервания с четиримахален апарат Аскания с автоматична регистрация на люлеенето на махалата (Йовев, 2003). Измерванията са извършени от Военния Географски Институт, Вл. Христов и Иван Петков (Беляшки и др., 2008). Апаратът е предназначен за релативни гравиметрични измервания с точност 1 милигал.

1941 г. Извършват се махални измервания на 23 точки на разстояния 50 – 70 km, в Югозападна и Северна България. Реализирана е т.н. **Махална гравиметрична мрежа** (Йовев, 2003). Стойностите на силата на тежестта са отнесени към „местна система на тежестите“, която се дефинира от силата на тежестта в основната „махална“ точка.

1940-1950 От 40те години се провеждат **геоложки гравиметрични измервания** (Младеновски, 1962), въз основа на които се съставя т.н. **Регионална гравиметрична снимка на България** (Димитров, 1957). Картата е съставена въз основа на измерените отделни геоложки обекти. Измерванията са отнесени към Потсдамска система с измерена връзка Русе-Гюргево през 1955 г (Петков, 1957). Точност на снимката е 3-4 mGal, като в планинските райони точността е по-малка (Димитров, 1957). От данните с измервания са избрани около 1000 точки за съставяне на карта с аномалии Буге, които да се използват за целите на нивелацията. Тези данни са използвани за изравнението на Първокласната ДНМ през 1958 г. (Младеновски, 1962).

1952 г. През 1952 г. е съставена гравиметрична карта на аномалиите Буге в М 1:500000 със сечение 10 mgal и грешка ± 3 mGal на базата на данни от ГУГК-СССР (Дунчев и др., 1957). Тази карта е използвана за геофизически цели и за

изчисляване на поправките за преминаване от ортометрични към нормални височини на ДНМ през 1958 г (Беляшки и др., 2008).

- 1957 г.** Започва **проектиране** на т.н. **Първоредната гравиметрична мрежа** от Управление геоложки проучвания и охрана на земните недра (проф. Иван Петков) и ВТС (проф. Младен Младеновски). Разработен е проект за **Основен клас** (самолетна мрежа) с участие на акад. Владимир Христов.
- 1958 г.** Реализирана е **Самолетната мрежа (Основен клас)**. Използван е гравиметър Аскания GS-11 (пренесен със самолет ЯК-12). Осъществени са **гравиметрични връзки** на аерогара **София с Москва и с Подсдам** (ръководител Ю. Д. Буланже, Русия). Средната квадратна грешка на измерване на мрежата е ± 0.124 mGal (Младеновски, 1962).
- 1959–1960** Извършена е **гравиметрична връзка София-Подсдам с махални гравиметри** (Живков, 1964). Измерванията са извършени от Географския институт при министерство на войната от акад. Владимир Христов и проф. Иван Петков (Йовев, 2003).
- 1964 г.** От Геопланпроект е изработена **гравиметрична карта в М 1:100000** (Живков, 1964 и 1967) въз основа на измерванията на Главното управление за геология и охрана на земните недра. Аномалията Буге е изчислена при средна плътност на земните маси от 2.3 g/cm^3 , нормалната сила на тежестта е изчислена по формулата на Хелмерт (1901-1909).
- 1959 г.** Изработен е **проект за Първокласна и Второкласна гравиметрична мрежа** от ГУГК (проектът е съобразен с Основната (самолетна) мрежа от 1958 г.). Предназначението им е да служат за нуждите на опорните геодезически мрежи (Младеновски, 1969).
- 1959-1962** Работите по разузнаване, стабилизиране, описание, реперирание и фотографиране на точките от **Първокласната и Второкласната гравиметрична мрежа**, както и определянето на координатите и височините е извършено от отдел „Геодезичен“ при ПО „Геопланпроект“ към ГУГК започват от 1959 г. и са приключили през 1962 г. Координатите на гравиметричните точки се определят с точност до дециметър, а височините с точност до сантиметър. За изследване и еталониране на гравиметрите е изграден **полигон и бази край град София от ГУГК през 1961 г.**



Фиг. 1 Софийски гравиметричен полигон и базите към него, създадени от ГУГК (Беляшки и др., 2008)

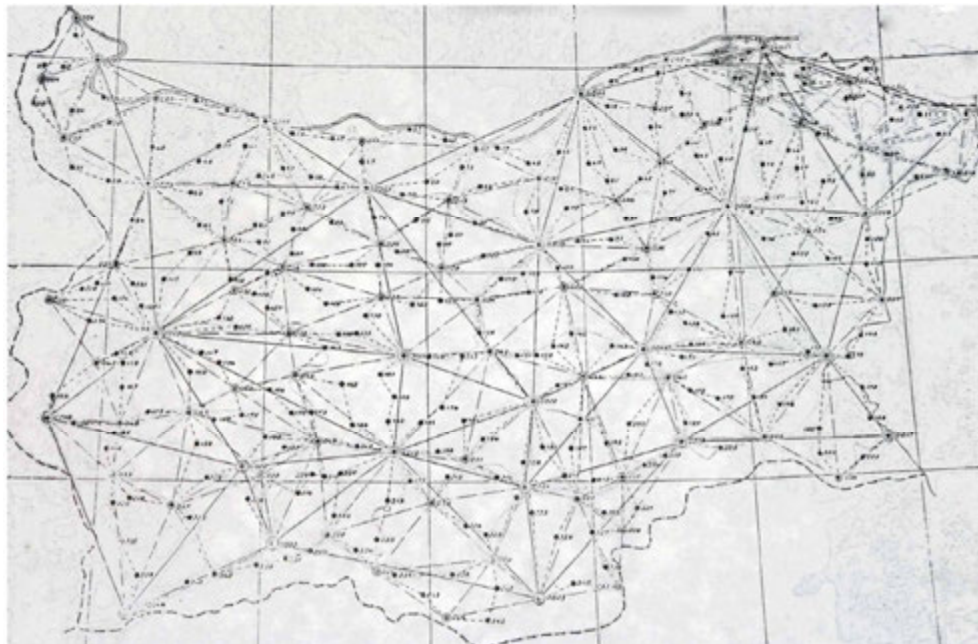
1962-1965 Измерване на точките от Първокласната и Второкласната гравиметрични мрежи. Използвани гравиметри – ГАК-4М, номера 388 и 425 и ГАК-7Т, номера 71, 270 и 344. Средната квадратна грешка на гравиметрична разлика е ± 0.35 милигала (Михайлов и Радичев, 2011). В (Михайлов и Младеновски, 1991) е посочено, че стойностите на ср. кв. грешки на точките от ДГрМ е между 0.010 и 0.42 милигала. ДГрМ е включени в **точката на летище София, Подсдамска система.** (Фиг.2).

Параметри на Държавната Гравиметрична Мрежа (ДГрМ):

- **Основна гравиметрична мрежа (самолетна мрежа)-24 точки** (разстояние 80-120 km);
- **Първокласна гравиметрична мрежа-65 точки** (разстояние 30-40 km) (1т./1700 км²);
- **Второкласна гравиметрична мрежа-251 точки** (разстояние 10-30 km) (1т./440 км²);
- **Общ брой на точките от ДГрМ - 340 точки** (1 т./325 км²)

В момента (Ценков и Михайлов, 2010) липсват данни за 59 точки от второкласната мрежа, за 2 точки от първокласната и 14 точки от основната мрежа – **общо 75**, т.е. наличните данни са за 265 точки от ДГрМ.

1965 г. От ГУГК е изготвена „**Инструкция за гравиметрични измервания**”, която е и в момента действащата инструкция по гравиметрия.



Фиг. 2 Държавна гравиметрична мрежа (Основен, първи и втори клас)
(Михайлов и Радичев, 2011)

1966 г. Гравиметрични измервания по част от линиите от **Държавната нивелачна мрежа I клас** от Геопланпроект за определяне на нормалните поправки към измерените нормални превишения (Беляшки и др., 2008, ГУГК, 1966).

1969-1973 Проектирани са и са измерени **Прецизни гравиметрични ходове** (ПГХ) (Высокоточные гравиметрические ходы (ВГХ), рус.) (Фиг.3) от Института по физика на земята към АН на бившия СССР, с цел привеждане на гравиметричните мрежи на бившите социалистически страни към единен мащаб. Част от **Прецизните гравиметрични ходове** (ПГХ) е **Националният еталонен гравиметричен полигон (НЕГП) Видин-Мелник** (Видин–Белоградчик–Монтана–Петрохан–София–Дупница–Мелник), ориентиран по меридиана. НЕГП е измерен през 1969 г. от експедиции на Чехия, Полша, Унгария и Русия, като част от **Международния еталонен гравиметричен полигон /МЕГП/**, а Прецизните гравиметрични ходове са измерени от руски експедиции през 1969 – 1979 г. Приборите, с които е измерен НЕГП са ГАГ – 2, Шарп, Уорден и GS, на брой 9. А ПГХ са измерени с 5 до 8 гравиметъра ГАГ – 1 и ГАГ – 2. Той е създаден за изследването и еталонирането на гравиметри, както и за изследване влиянието на атмосферното налягане, температурата и др. фактори върху измерванията. Средните квадратни грешки на измерените стойности са до 60 микрогала (Беляшки и др., 2008). Разликите между измерванията на този полигон от различните специалисти достигат 0.50 милигала. Причината за голямата разлика според (Михайлов, 1998) е неотчитане на редица фактори за гравиметри Шарп и Уорден, което води до натрупване на систематични грешки. Преизмерени са отсечки и са направени допълнителни връзки от НИИГиФ с гравиметри ГАК-7Т ГР/К2. НЕГП е свързан с

Международния еталонен гравиметричен полигон (МЕГП) на бившите социалистически страни чрез самолетен ход Видин – Будапеца и (Беляшки и др., 2008).



Фиг. 3 Национален еталонен гравиметричен полигон, Прецизни гравиметрични ходове и абсолютни гравиметрични станции (Господинов и др., 2008-2009)

1962-1974 Гравиметрична карта на аномалии Буге в М 1:200 000

През 1962 г. в Геодезка част на Централната военна картографска база на **Военнотопографската служба** се съставят и издават **каталози на гравиметричните точки в картните листове М 1:200 000**. Каталогите съдържат измерените стойности на силата на тежестта, координатите (гаусови и географски) и височините на гравиметричните точки. Изходната гравиметрична точка, по която са определени всички останали е летище София.

За съставяне на каталога са използвани следните материали:

- Гравиметричната архива на Управление „Мини и геоложки проучвания“;
- Списъци с гравиметрични точки, съставени от Управление „Геодезия и картография“, по данни на Управление „Мини и геоложки проучвания“.

За измерване на относителната стойност на силата на тежестта са използвани следните инструменти:

- От 1948 до 1958 г. – Граф-28 – метален, пружинен, Норгард – кварцов, неастазиран и СН – 3, също кварцов, неастазиран;

- От 1958 до 1961 г. включително – GS – 11 пружинен, статичен, неастазиран, ГАК-3М, ГАК-3М1, ГАК-3М2, кварцови, астазирани.

Към каталога има приложени карти в М 1:100 000 с нанесени гравиметрични точки. За пълнота и с оглед на използването му при съгъстяване на гравиметричната карта, в него са дадени и точки, които по координати попадат на характерни места и нямат описания. Същите не са нанесени върху картата. Каталогът е съставен за военни нужди.

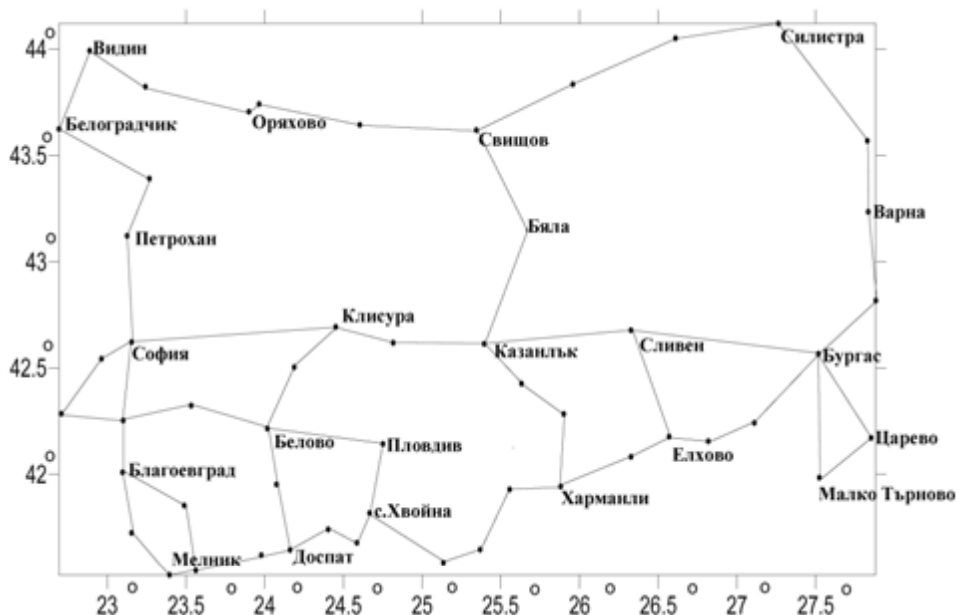
На база тези гравиметрични каталози и продължилите през следващите 10 години гравиметрични измервания от различните заинтересовани структури в държавата, през 1974 г. **Военнотопографската служба издава Гравиметрична карта в мащаб 1:200 000 на аномалия Буге** със сечение на изолиниите 2 mGal. За съставяне на картата, силата на тежестта е в Потсдамска система, нормалната сила на тежестта е изчислена по формулата на Хелмерт (1901-1909 г.), височините са надморски.

1974 г. В НИГиф е изработена **гравиметрична карта в М 1:400000** със сечение 5 mgal (ГУГК, 1961 и 1972) като са използвани точките от ДГрМ.

1974-1982 При трето измерване на **Държавната нивелачна мрежа I клас** в НИГиф стойностите на аномалиите Буге за нивелачните репери са определени от Гравиметрична карта М 1:200000 от 1972 г издание на Комитета по геология (НИГиф, 1982).

1982-1994 При последното измерване на **Държавната нивелачна мрежа II клас** част от аномалиите Буге са интерполирани от Гравиметрична карта М 1:200000 от 1972 г издание на Комитета по геология (НИГиф, 1989). Гравиметрични измервания са извършени в планинските райони при всеки репер за повишаване точността на аномалията (Беляшки и др., 2008, Михайлов и Младеновски, 1990).

1981,1983,1986 Извършени са **абсолютни измервания на гравиметрични точки в София** (същата привързана към Потсдам през 1958 г.) и **Варна** от съветски специалисти с гравиметър ГАБЛ. Тези точки са използвани за изходни при създаването на **Еталонната гравиметрична мрежа (ЕГМ)**.

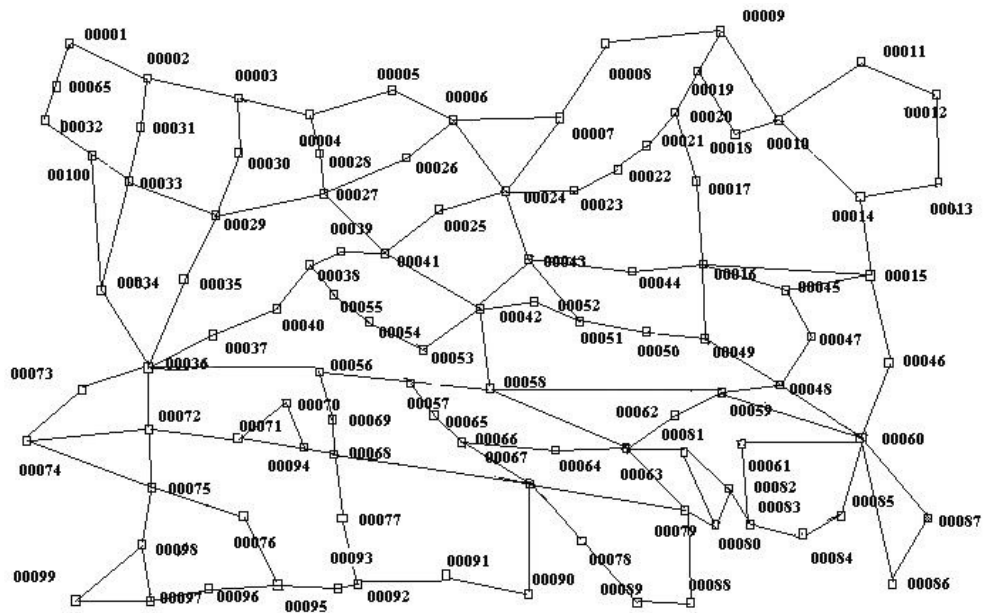


Фиг. 4 Прецизни гравиметрични ходове с допълнителни връзки (Михайлов и Радичев, 2011)

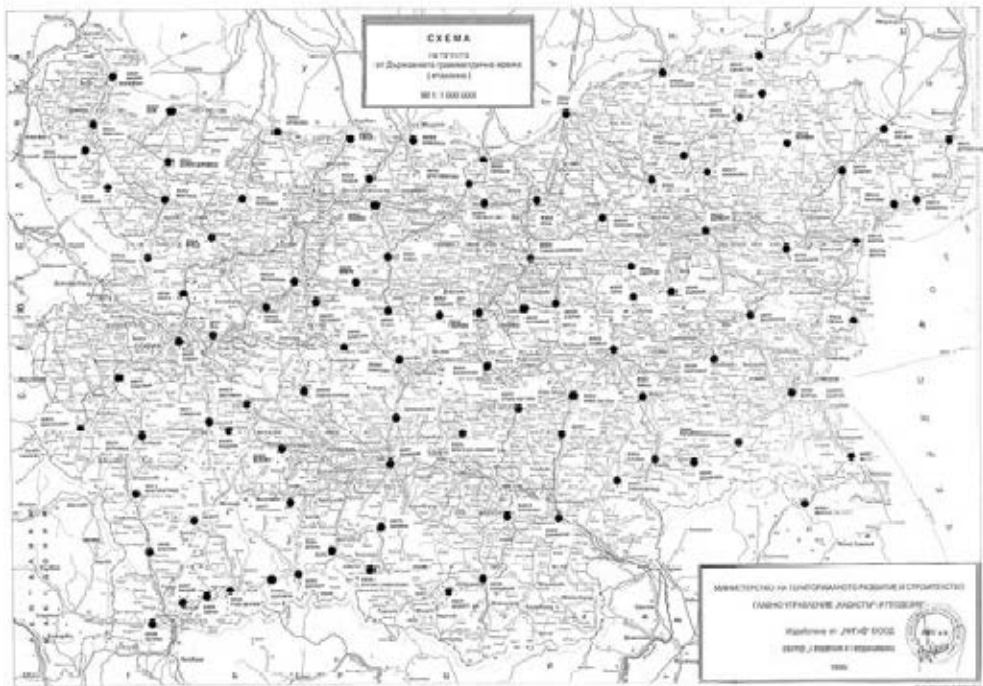
1989 г. Създаден е проект за **Еталонна гравиметрична мрежа (ЕГМ) на България** от 100 гравиметрични точки, като част от тях съвпадат с точки от основната, първокласната и второкласната гравиметрични мрежи (**40 идентични точки**), както и точки от Прецизните (высокоточные) гравиметрични ходове с допълнителни връзки (Фиг. 4). **Еталонната гравиметрична мрежа** (Фиг. 5 и Фиг. 6) е включена в абсолютните точки в София и Варна (измерванията са на руски специалисти с гравиметър ГАБЛ, точност 20 микрогала). Средните квадратни грешки на гравиметричните разлики е 0.02-0.07 милигала (Михайлов и Радичев, 2011). В (Михайлов, 1998) е посочено, че средните квадратни грешки от наблюденията са под 0.06 милигала, а ср. кв. грешка на изравнените стойности на силата на тежестта е между 0.10 и 0.20 милигала. Най-голямото несъвпадение на затворен полигон (петоъгълник) от еталонната мрежа е 0.33 милигала (Приложение 2 от същия източник). Разликите в силата на тежестта между идентични точки от ДГрМ и ЕГМ достигат съответно 3.00 милигала за гравиметрична точка в Силистра, 2.60 милигала – Лом, 2.19 милигала – Горна Студена, 2.36 милигала – Дулово, 2.49 милигала – Добрич, 2.33 милигала – Попово и т.н. (Mihaylov, 2008). Разликите в гравиметричните връзки между ЕГМ и ДГрМ достигат до 0.60 милигала (между точки 00028-00003 и 00042-00043).

Параметри на Еталонна гравиметрична мрежа(ЕГМ):

- **Еталонна гравиметрична мрежа-100 точки (разстояние 50 km);**
- **Общ брой на точките от ЕГМ - 100 точки (1 т./ 1100 км²)**



Фиг. 5 Еталонна гравиметрична мрежа на България (Михайлов и Радичев, 2011)

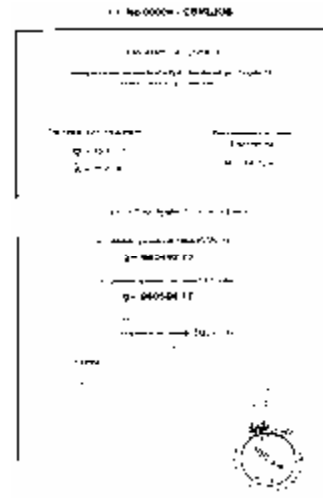


Фиг. 6 Еталонна гравиметрична мрежа на България

1996 г. Създаден е каталог и база данни на точките от Еталонната гравиметрична мрежа със стойности на силата на тежестта в Потсдамска и IGSN-71 гравиметрични системи, като разликата между двете е точно 14 mGal (Михайлов, 1998). Установена е деформация от 4 милигала от югозапад на североизток.

Каталог на гравиметричните точки от ДГрМ (Еталонна гравиметрична мрежа) – 100 точки от (част от ДГрМ, НЕГП и ПГХ). За всяка точка са дадени: номер и наименование; географски координати; височина; скица; описание на мястото; сила на тежестта в Потсдамска и IGSN71 системи; поправка за релеф.

База данни на гравиметричните точки от ДГрМ (Еталонна гравиметрична мрежа) – 100 точки от (част от ДГрМ, НЕГП и ПГХ). За всяка точка са дадени: номер и наименование; сила на тежестта в Потсдамска и IGSN71 системи; разлики в силата на тежестта за епохи 1969, 1973, 1996; географски координати; височина; скица; описание.



1996-2004 Гравиметрични измервания по нивелачните линии I клас във връзка със започналото 4то измерване на **Държавната нивелачна мрежа I клас (Фиг. 7)**, измерени са 46% от мрежата (Беляшки и др., 2008). Измерванията по нивелачните линии са направени с гравиметри ГАК-7Т и ГР/К2.



Фиг. 7 Еталонна гравиметрична мрежа и Държавна нивелачна мрежа на Р България (Михайлов, 2011)

- 1997 г.** Преизравняване на Националната гравиметрична мрежа при фиксирани стойности на точките от еталонната гравиметрична мрежа. Деформацията на националната мрежа е сведена до 0.50 милигала (Ценков, Михайлов, 2007).
- 1998-2001** Реализация на проекта „Унифициране на гравиметричните системи на страните от Централна и източна Европа“ (UNIGRACE) в България (Milev, Vassileva, 2003). През 1998 г. са изградени **три абсолютни гравиметрични станции** (Фиг. 8) в **София** (Павлово), **Варна** (планетариум) и **София** (Плана, Геодезическата обсерватория, БАН). Измерванията са извършени с апаратура и специалисти от Федералната служба по метеорология и измервания на Австрия (BEV) (Милев и др., 2005). За измерванията при първата кампания по проект UNIGRACE е използван австрийския абсолютен гравиметър JILA G-6 (Австрия) и релативни гравиметри LCR – D51 (Австрия) и LCR – 1095 (България, УАСГ, 1998). Определени са вертикалните градиенти на силата на тежестта в абсолютните станции. Изградена е и **Калибрационна линия София - Плана** с две междинни точки в Железница и Симеоново. В съответствие с изискванията на проекта, около точките са развити релативно **микро-гравиметрични мрежи**, направени са връзки с мареографните станции, както и с точките от EUREF&IGS и EUVN (в Балтийска система), а около точката в София е създадена система за отчитане на хидроложките условия (Milev et al., 2003). Постигнатата точност е от порядъка на 1 микрогал (Милев и др., 2005).



Фиг. 8 Абсолютни станции по проект UNIGRACE 1998 г., (Milev et.al., 2003)

През 2001 г. са извършени **повторни абсолютни измервания** от втората кампания на точките в София и Плана от полски специалисти с абсолютен гравиметър ZZG. Абсолютни измервания на станцията във Варна (планетариум) не са извършени поради текуща реконструкция на сградата. Определени са вертикалните градиенти на силата на тежестта в абсолютните станции. Използван е релативен гравиметри LCR – G986 (Полша) за определяне на вертикалните градиенти на силата на тежестта в абсолютните станции и за измерванена **микро-гравиметричните мрежи** в околността на абсолютните станции. Окончателните ср. кв. грешки в определените стойности на силата на тежестта в станциите София, Плана и Варна са съответно 5.6, 3.0 (1.0) и 6.0 микрогала. Използвания модел за изчисляване на приливната корекция е на Венцел (Wenzel) (Milev G. et.al., 2003).

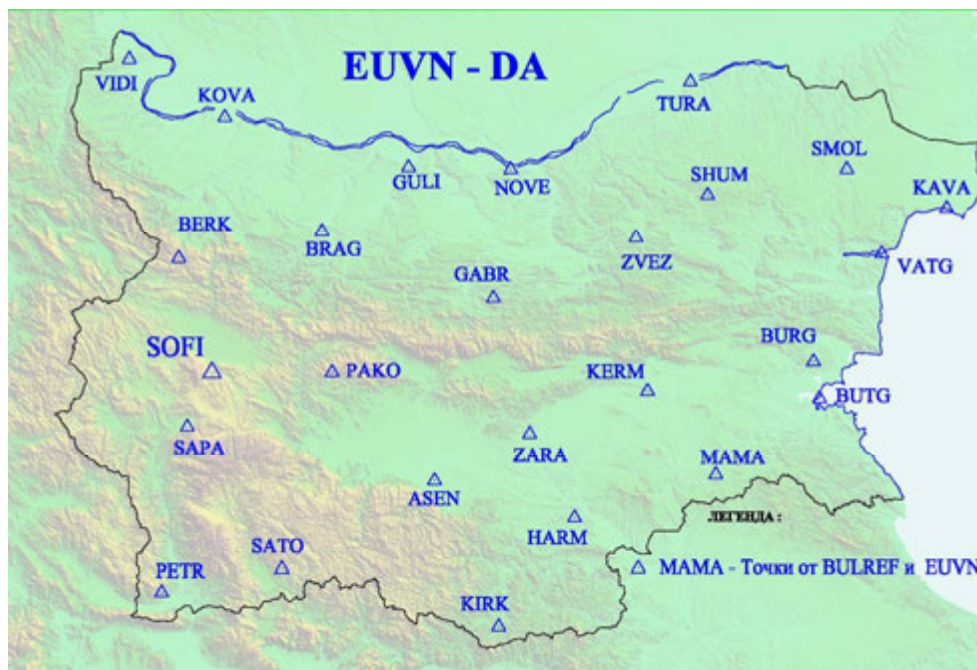
2004 г. По проект „Национална гравиметрична система - анализ и развитие” на Националния съвет на фонд „Научни изследвания” на МОН, е реализиран проект за изграждане на мрежа от абсолютни гравиметрични станции на територията на България (Милев и др., 2005). Изградени са още 5 абсолютни гравиметрични точки (Фиг. 9) в **София** (сградата на Държавната агенция за метрология и технически надзор), **Рожен** (Национална астрономична обсерватори), **Горна Оряховица**, **Сандански**, **Белоградчик** (Астрономическа обсерватория). Измерванията се извършват през 2004 г. съвместно със същия австрийски екип, който работи и по UNIGRACE кампанията през 1998 г. Направени са и съответните относителни връзки към точки от Еталонната гравиметрична мрежа. Еталонната мрежа е преизравнена с дадени 6

абсолютни точки в 4 варианта, различаващи се само абсолютните измервания. Приетите тежести на измерените гравиметрични разлики са обратно пропорционални на разстоянията между тях в km (Милев и др., 2008).



Фиг. 9 Абсолютни станции по проекти UNIGRACE и „Национална гравиметрична система - анализ и развитие” към МОН, (Милев и др., 2013)

2007 г. През 2003 г. техническата работна група на EUREF стартира **проекта EUVN-DA** с основна цел – „създаване на континентална и хомогенна GPS/нивелачна мрежа и база данни, съвместима с ETRS89 и EVRS”. България се включва в проекта EUVN-DA с 26 точки (Фиг. 10), които представляват и реализацията на ETRS89 в България от 2006 г. (Георгиев и др., 2010). Точките са привързани към Държавната нивелачна мрежа I клас, т.е. към UELN, чрез прецизна нивелация. През 2007 г. са извършени **гравиметрични измервания** при точките и изходните нивелачни репери за определяне стойностите на силата на тежестта, за изчисляване на геопотенциалните коти и нормалните височини на EUVN-DA точките. Като изходни гравиметрични точки са използвани точки от Еталонната гравиметрична мрежа на България. Измерванията са извършени с гравиметри ГАК-7Т № 524 и ГР/К2 № 1319 от екипи на ЦЛВГ БАН и ВГС на БА. Средната стойност на сключването на гравиметричните полигони от измерените разлики в на силата на тежестта е 0.09 mGal.



Фиг. 10 Схема на точките от Държавната GPS мрежа включени в EUVN – DA (European Unified Vertical Network - Densification Action) (Георгиев и др., 2010)

2004-2007 Създаване на локална гравиметрична мрежа Чирпан-Пловдив, с цел локализиране и сегментизиране на главните сеизмогенни разломи. Мрежата е създадена от ЦЛВГ и се състои от 206 точки. Използвани са гравиметри Scintrex CG3 и CG5, както и ГАК-7Т. 40 от точки от локалната мрежа са идентични с точки от еталонната гравиметрична мрежа. Според **Mihaylov (2008)** е възможно използването на тези измервания за контролиране на еталонната мрежа, както и за преизравняване на гравиметричните мрежи от основен, първи и втори клас със фиксирани стойности - измерванията на локалната мрежа.

2004-2006 Мониторинг на мрежа от 109 гравиметрични точки, южно от гр. София, за локализиране на Витошкия, Лозенския, Кюстендилския, Железничкия разломи, както и на Горнобанския, Боянския и Централния разседи.

2004 -2007 Създадена е локална гравиметрична мрежа за мониторинг в района на Купнишкия разлом. Използван е гравиметър ГАК-7Т с номер 524, като измерванията с него са извършени през 2004 и 2007 г по направление на два профила. През 2008 г. са извършени измервания по същите профили с гравиметри GP/K2 (1319) и GNU-KB (296).

2010 г. Създаден е **модел на аномалиите Буге за територията на България** чрез дигитализиране на Гравиметричната карта М 1:200 000. Дигиталният модел на Буге аномалиите е създаден от ВГС към БА (Михайлов, 2011). В края на 2010 г. са сканирани картните листи на Гравиметричната карта М 1:200 000 (31 на брой). Картните листа са сканирани в TIFF формат и геореферирани в UTM

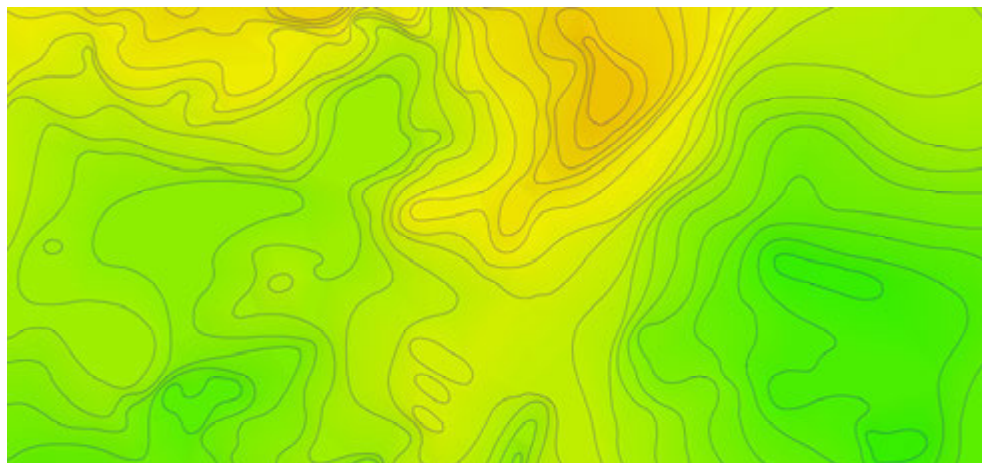
N35 (Фиг. 1). По оцифрените картни листове (Фиг. 2) е изготвен дигитален модел на аномалиите Буге (Фиг. 3) в *TIN* (*triangulated irregular network data model*) формат в ArcGIS среда. От *TIN*-формат е изведена повърхнина на аномалия Буге в *GRD* (*grid*) формат. Получения дигитален модел на аномалия Буге е напълно в съответствие с гравиметричната карта в М 1:200 000. При така изведения дигитален модел на аномалии Буге за територията на страната, е необходимо да се разполага само с координатен файл в текстов формат, за да се извлекат стойностите на Буге аномалиите за интересующите ни точки.



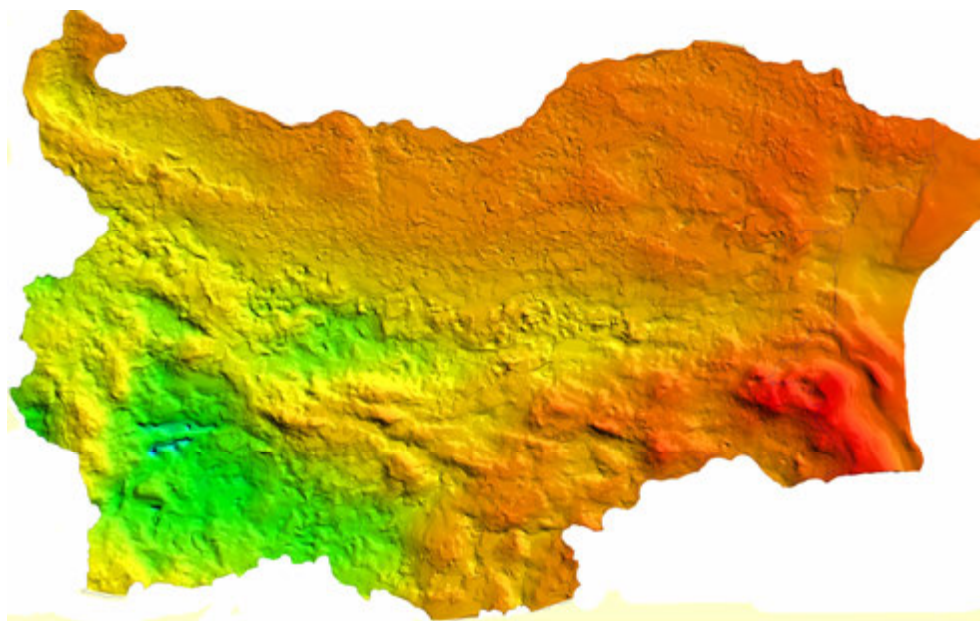
Фиг. 9 Геореферирана гравиметрична карта на аномалии Буге М 1:200000 (Михайлов, 2011)



Фиг. 9 Оцифрени изолинии на аномалия Буге с присвоени стойности на аномалия Буге (Михайлов, 2011)



Фиг. 10 Дигитален модел на повърхнина на аномалиите Буге (Михайлов, 2011)



Фиг. 10 Дигитален модел на аномалиите Буге (Михайлов, 2011)

III. Състояние на Държавната гравиметрична мрежа на Република България, обобщени изводи, предложения и насоки за бъдещото ѝ развитие

В резултат на направените проучвания въз основа на разгледаните литературни източници, могат да се систематизират следните обобщения и да се поставят следните въпроси за настоящото състояние на Държавната гравиметрична мрежа на Република България:

1. Гравиметрична мрежа на Република България е регламентирана (в Наредба 2 на МРРБ, чл. 4 и чл. 13, ал. 1 от Закона за геодезията и картографията) с определението „Държавна гравиметрична мрежа”, като част от единната геодезическа основа на Република България. Еталонната гравиметрична мрежа не е регламентирана като част от единната геодезическа основа (не е официално регламентирана законово).

2. Според Закона за геодезията и картографията чл. 13, ал. 3 Редът и техническите изисквания за създаване, приемане и поддържане на геодезическите мрежи по ал. 1, т. 3 (Държавна гравиметрична мрежа) се определят с наредби на министъра на отбраната съгласувано с министъра на регионалното развитие и благоустройството.

3. Според Закона за геодезията и картографията чл. 20 в Държавният геодезически, картографски и кадастрален фонд (Геокартфонд), поддържан от Агенцията по геодезия, картография и кадастър се съхранява геодезически, картографски, кадастрални и други материали и данни по реда, установен от Закона за Националния архивен фонд. Ал. 3 В Геокартфонда се предават за съхраняване копия с данни за държавната геодезическа и държавната гравиметрична мрежа. В чл. 21 т. 1 се казва, че на безсрочно съхраняване подлежат каталозите (регистрите) с гравиметрични данни.

4. В приетата през 2014 **Наредба No. Н-9 от 20.05.2014 г. за Държавна гравиметрична мрежа**, Министерство на отбраната на Република България се дават общите постановки за изграждане и поддържане (не е обнародвана – да се финализира окончателното ѝ приемане). Необходимо е да бъде съставена нова **Инструкция за гравиметрични измервания**, която да съпътства и регламентира прилагането на приетата наредба. Действащата **Инструкция за гравиметрични измервания на ГУГК от 1965 г.** е морално остаряла и не може да послужи като нормативна основа при изграждането и поддържането на Държавна гравиметрична мрежа.

5. От направеният преглед на гравиметричните измервания и данни на територията на България може да се направи заключението, че качествата на Държавна

гравиметрична мрежа, в това число и на Еталонната гравиметрична мрежа не отговаря на съвременните изисквания за точност и надеждност на основните (фундаментални) гравиметрични мрежи.

- Това се дължи на факта, че гравиметричните измервания по мрежите са правени с морално остаряли инструменти в различни периоди и по различни части от мрежата от екипи, които в последните години не са оторизирани да извършват такъв вид дейности. Обработката на тези данни не е строга и еднозначна.
- В разгледаните публикации за Държавната гравиметрична мрежа и Еталонната гравиметрична мрежа няма конкретна информация за нанесените корекции върху измерванията, данни за преминаването от Подсдамска система към IGSN71 гравиметрична система.
- Липсва информация за предварителната оценка на точността, използваните функционални и стохастични модели за оценка на измерванията, както и на използвания метод за оценка (строг или не). Липсва информация за резултати от съвместната обработка на измерванията. Точността, която най-често се представя е тази на измерванията, а в много малко случаи е на резултатите след обработката им.
- Липсва ясен отговор на въпроса: Резултатите от последващите обработки и оценки на Държавната гравиметрична мрежа и Еталонната гравиметрична мрежа, отговарят ли на изисквания за точност и надеждност, поставяни към съвременните, прецизните гравиметрични мрежи (ср. кв. грешка на изравнените стойности на измерените величини, ср. кв. гр. на силата на тежестта в новоопределяема точка, точност на изходните точки и др.).

6. Препоръчва се да се направи архив и класификация на наличните данни от гравиметрични измервания и обработки, включващи и прилежащите данни от измервания, изчисления, обяснителни записки, реперни карнети, картен материал, каталози и бази данни и др.

- В разгледаните литературни източници се вижда големият брой данни от измервания, обработки и картен материал, повечето от които не са налични в Геокартфонда към АГКК, както е регламентирано в Закона за геодезията и

картографията (чл. 20 и чл. 21). Това може да се обясни с нерегламентирано и неправомерно събиране и ползване на данни с национално значение.

- От разгледаните източници е установено, че липсва информация за 75 точки от Държавната гравиметрична мрежа.

7. Необходимо е да се направи проект и да се реализира нова Държавна гравиметрична мрежа на Р България, като се следват съвременните изисквания за качеството на фундаменталните гравиметрични мрежи, както и нуждите и спецификата за територията на страната.

- От интерес представлява да се проучат и оценят всички налични данни за абсолютните гравиметрични измервания, както и измерванията по гравиметричните полигони.
- Данните от абсолютните гравиметрични измервания могат да послужат при създаването на нова Основна гравиметрична мрежа след извършване на анализ и оценка на докладите от измерванията и състоянието на гравиметричните станции.
- Точките от Държавната гравиметрична мрежа и Еталонната гравиметрична мрежа могат да бъдат включени в един нов бъдещ проект на Държавната гравиметрична мрежа след оценка на тяхното състояние и при условие, че отговарят на изискванията за положение и стабилизиране на основните гравиметрични точки.

15.08.2014 г.

Работна група по задача 3.3 Държавна гравиметрична мрежа:

проф. д-р инж. Славейко Господинов
доц. д-р инж. Елена Пенева-Златкова
проф. д-р инж. Андрей Андреев
кап. д-р инж. Георги Михайлов

Литература:

1. **Беляшки Т.**, Е. Михайлов, Д. Димитров, Сл. Господинов, И. Георгиев, Е. Пенева (2008). *Геодезически гравиметрични работи в Република България*, БАН, Висша геодезия, 21, 53-63
2. **Вълчева Ст.** (2014) *Състояние и развитие на българската референтна височинна система*, Дисертация УАСГ, София, 2014
3. **ГУГК** (1960) *Проект за полагане на обща гравиметрична мрежа в България*, София
4. **ГУГК** (1966) *Гравиметрични станции, бази и полигони, създадени на територията на НР България*, София
5. **ГУГК** (1966) *Проект за гравиметрични наблюдения по реперите от нивелацията на България за периодични нивелирания*, София
6. **ГУГК** (1972) *Карти за поправките за релеф*, Известия, ГУГК, 1
7. **Георгиев И.**, Т. Беляшки, Ем. Михайлов, Д. Димитров, П. Данчев, Г. Михайлов, Г. Гладков П. Гъбенски, Е. Пенева, М. Минчев (2010) *Реализация на Европейската земна координатна система ETRS89 и Европейската вертикална референтна система EVRS на територията на България*, Геомедия, бр. 5, <http://www.geomedia.bg/index.php/article:472>
8. **Георгиев И.**, Е. Пенева (2011) *Анализ, хомогенизиране, оценка и архивиране на наличните гравиметрични данни*, Архив на Геокартфонд
9. **Господинов Сл.**, Е. Пенева, Т. Беляшки, Д. Димитров, Г. Михайлов (2008-2009) *Гравиметрични дейности за целите на Геодезията в Република България*, Годишник на УАСГ, том XLIII, св. VI, 151-156, София
10. **Демьянова Т.**, Е. Михайлов, (1985) *Хидроложки ефект при гравиметрични измервания, проведени на Видинския полигон*. Геодезия, картография, земеустройство. № 6.
11. **Димитров Д.**, Е. Михайлов, М. Еверхард, Л. Стоянов (2008) *Резултати от нови гравиметрични измервания в района на земетресенията от април 1928 г. (Чирпан – Пловдив)*, Висша геодезия, 21, 82-86
12. **Димитров Л.** (1957) *Регионална карта на гравитационното поле на България*, Обяснителна записка. Архив на НГФ, доклад No VII-0197
13. **Димитров Л.**, И. Петков (1990) *Хроника на първите стъпки на приложната геофизика в България, Методи и технологии за търсене на минерални суровини*, София, Техника
14. **Живков К.** (1964) *Обяснителна записка към Каталог на базисните гравиметрични точки ГУГК*, София, Архив на Геокартфонд
15. **Живков К.** (1964) *Обяснителна записка за изработването на гравиметрична карта в мащаб 1:100000, "Геопланпроект"*, София
16. **Живков К.** (1967) *Обяснителна записка по изработването на карта на средните височини и аномалии на НР България, "Геопланпроект"*, София
17. **Златанов Г.** (1957) *Доклад за гравиметричните измервания и приложението им в геодезията* ГУГК, София, 46 стр.
18. **Иванова Р.**, Л. Мирчева, Д. Кехайов (1994) *Съставяне на гравиметрична карта на България в М 1:100 000 и каталог на гравиметричните точки на основата на фондови материали. Създаване и записване на база данни*

за персонални компютри, разработване на система за обработка и графично представяне на резултатите, Архив на НГФ, доклад No VII-0726

19. **Инструкция за гравиметрични измервания.** Главно управление геодезия и картография и Главно управление по геология и охрана на земните недра, София, 1965
20. **Йовев И.** (2003) *Държавни геодезически мрежи на България и свързаните с тях референтни, координатни и височинни системи*, БАН, Висша геодезия, 16, 101-141, София
21. **Ламбева Т.** (2104) *Критичен анализ на публикувани до момента изследвания у нас и в чужбина, в области, касаещи темата на дисертационния труд – обработка и оценка на прецизни, релативни гравиметрични мрежи*, УАСГ София
22. **Латифян Ж., Д. Васев, Т. Тодоров** (1991) *Доклад за резултатите от гравиметричните проучвания на южен Пирин в района на Гоце Делчев-Тешово-Петрово, проведени през 1987 г. в М 1-50 000*, Архив на НГФ, доклад No VII-0695
23. **Милев Г., Д. Руес, К. Улрих, К. Василева, Л. Стоянов, Г. Вълев, Ем. Михайлов, Н. Димитров** (2005) *Абсолютни измервания и гравиметрична система на България*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.5-6, стр. 10-17
24. **Милев Г., М. Минчев, Г. Вълев, М. Матова, К. Василева, Пл. Гъбенски** (2006) *Европейска референтна система в България*. Монография, Академично издателство „Марин Дринов“, София
25. **Милев Г., К. Василева** (2007) *Някои геодезически аспекти на българската евроинтеграция*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.2-3, стр. 4-7
26. **Милев Г., Г. Вълев, К. Василева, Е. Михайлов** (2008) *Национална гравиметрична мрежа на България*, Геодезия, картография, земеустройство, 5-6, София, стр. 4-7
27. **Милев Г., Е. Михайлов, Х. Цанков, С. Димовски** (2013) *Систематизация и привеждане на гравиметричните точки на територията на България в единна система*, XXIII Международен симпозиум „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в геодезията и свързаните с нея области“, 07-08 ноември 2013 София
28. **Михайлов Г.** (2011) *Анализ и оценка на гравиметричните данни в България*, УАСГ, София, Дисертация, 132 стр.
29. **Михайлов Г.** (2012) *Проблеми при изчисляване на нормалните превишения за територията на България*, Геомедия, бр.1, стр. 27-32
30. **Михайлов Е.** (1984) *Изследване изменението на силата на тежестта в зависимост от хидроложките условия на Видинския полигон*, Бюлетин, ГУГК, 2
31. **Михайлов Е.** (1984) *Върху изучаване на гравитационното поле и неговото изменение за нуждите на геодезията*, Сборник трудове № 5, НИГиФ, София

32. **Михайлов Е.** (1985) *Неприливни изменения на силата на тежестта върху територията на Видинския полигон*, Геодезия, картография, кадастър, № 4/5
33. **Михайлов Е.** (1986) *Върху устойчивостта на гравиметричните точки*, Бюлетин, ГУГК, 4
34. **Михайлов Е., М. Неев** (1986) *Анализ на резултатите от измерванията на Видинския гравиметричен полигон*, Бюлетин, Геодезия, картография, кадастър, № 4
35. **Михайлов Е.** (1989) *Еталониране на гравиметри ГР/К2 и ГАК по метода на наклона*, Геодезия, картография, кадастър, № 6
36. **Михайлов Е.** (1990) *Измервания на Видинския полигон извършени през 1989 г. и анализ на резултатите*. Геодезия, картография, кадастър, № 5.
37. **Михайлов Е.** (1992) *Точност на гравиметричните карти на аномалии Буге в гранични райони*, Геодезия, картография, кадастър, № 1, 24-25
38. **Михайлов Е.** (1998) *Анализ на еталонната гравиметрична мрежа на република България*, Годишник на УАСГ, том XXXIX, св. III, Геодезия и земеустройство, София
39. **Михайлов Е.** (2007) *Възможни причини за деформацията на националната гравиметрична мрежа – основен, първи и втори класове*, Геодезия, картография и земеустройство, 2-3, стр. 11-13, София
40. **Михайлов Е., М Младеновски.** (1991). *Няколко съображения върху националната гравиметрична мрежа на България*. Геодезия, картография, земеустройство, № 2.
41. **Михайлов Е., М. Младеновски** (1990) *Гравиметрични измервания, извършени в НР България през периода 1987-1990г.*, УДК 528.2, Геодезия, картография, кадастър, София
42. **Михайлов Е., М. Младеновски** (1991) *Върху националната Гравиметрична мрежа на България*, Геодезия, картография, кадастър, Геодезия, картография, земеустройство, №2, София
43. **Михайлов Е.** (2010) *Сравнителен анализ на резултати от измервания с компютъризиран гравиметър Scintex CG-5 и гравиметър ГАК-7Т No 524 в Чирпанския район*, Доклад, даден за участие в 6та Национална конференция по геофизика „20 години Дружество на геофизиците в България”, 17 декември, София
44. **Михайлов Е., Р. Радичев** (2011). *Гравиметрични измервания в България за периода от 1926 до 2011 година*, Годишник на МГУ „Св. Иван Рилски”, том 54, св. I, Геология и геофизика, стр. 145-150, София
45. **Младеновски Мл.** (1962) *Гравиметрични работи в България и предстоящи гравиметрични измервания*, Известия на ГУГК, кн. 2, стр. 13-17
46. **Младеновски Мл.** (1969) *Работи, извършени в България в областта на геодезическата гравиметрия през годините на народната власт*, Известия, ГУГК, кн. 3
47. **Младеновски Мл.** (1965) *Относно плътността на промеждутъчния слой*, Известия на ГУГК, кн. 1, стр. 33-36

48. **Младеновски Мл.** (1969) *Работи, извършени в България в областта на геодезическата гравиметрия през годините на народната власт*, Известия на ГУГК, кн. 3, стр. 66-74
49. **Младеновски Мл.** (1973) *Относно изчислението на нормалната сила на тежестта и на поправките за релеф, за свободен въздух и за промеждутъчен слой*, Таблицы, София, 1973
50. **Младеновски Мл., С. Димитров, А. Петков** (1969) *Гравиметрични измервания за нуждите на опорните гравиметрични мрежи*, Доклад на Национална конференция по опорни мрежи, София
51. **Младеновски Мл., Е. Михайлов, М. Неев** (1986) *Резултати от абсолютно определяне на силата на тежестта върху гравиметричната точка, намираща се в сградата на ГУГК*, Геодезия, картография, кадастър, №5
52. **Наредба No. Н-9 от 20.05.2014 г. за Държавна гравиметрична мрежа**, Министерство на отбраната на Република България, 2014
53. **НИГиФ** (1982) *Осигуряване на гравиметрична информация при определяне височините на реперите от Държавната нивелачна мрежа I клас*, Технически отчет, 1974-1982
54. **НИГиФ** (1989) *Осигуряване на гравиметрична информация при определяне височините на реперите от Държавната нивелачна мрежа II клас*, Технически отчет, 1984-1989
55. **НИИГиК** (1970) *Анализ на наблюденията, изчисление и изравнение на опорната гравиметрична мрежа на България*, Разработка на тема, 1970
56. **НИИГиК** (1970) *Гравиметрична карта на НР България с аномалия Буге М 1:400000*
57. **НИИГиК** (1972) *Установяване на компонентите на отклонение на отвеса и височини на квазигеоида на територията на България*, Разработка на тема, 1972
58. **НИИГиК** (1973) *Наблюдателен материал на експедициите, извършили гравиметрични измервания на територията на НРБ*
59. **НИИГиК** (1987) *Високопланински гравиметрични измервания в Рила, Пирин, Родопите и Стара планина, 1969-1986*
60. **Николов Б.** (1979) *Използуване на ефективното изменение на тежестта по гравиметричната скала за определяне на разликата в земната гравитация*, Известия на ГУГК, кн. 1, стр. 17-23
61. **Николов Б.** (1980) *Възможности за използване на гравиметричните мрежи за определяне на вертикални земни деформации*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.4, стр. 13-17
62. **Николов Б., Б. Прокопиев** (1972) *Определяне на разликата в силата на тежестта между крайните точки на отсечката Павлово-Воденицата*, Известия на ГУГК, кн. 3, стр. 15-25
63. **Пашова Л.** (2010) *Височинни системи, използвани в България и перспективи за преход към Европейската височинна референтна система (EVRS)*, Геомедия, бр.1, <http://www.geomedia.bg/index.php/article:354?PHPSESSID=8ff09516ed2a7290d0b371fccbc6a069>
64. **Петков Ив.** (1957) *Рецензия към Регионална карта на гравитационното поле на България*, Архив на НГФ, доклад No VII-0197

65. **Стойнов Вл.** (1974) *Физическа геодезия*, Държавно издателство „Техника“, София
66. **Стойнов Вл., Е. Рангелова** (1998) *Относно изчисляването на елементи на нормалното гравитационно поле за нуждите на геодезията*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.4, стр. 4-8
67. **Стойнов Вл., Е. Пенева** (2002). *Физическа геодезия*, УАСГ, София
68. **Стоянов Л.** (1994) *Обновяването на геодезическата система като процес за установяване на интегрирано национално изходно начало*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.5, стр. 14-16
69. **Стоянов Л.** (1995а) *Възможен преход към нова геодезическа референтна и геоцентрична координатна система*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.2-3, стр. 4-87-10
70. **Стоянов Л.** (1995б) *Коригиране на националните гравиметрични данни при една подобрена стратегия*, Българско геофизично списание, т. XXI, No 2, стр. 55-69
71. **Стоянов Л.** (1999) *Проблеми при прехода към нова референтна система на силата на тежестта*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.4, стр. 3-7
72. **Стоянов Л.** (2000) *За преход към подобрена геодезическа референтна система за България*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.1, стр. 3-9
73. **Стоянов Л., Д. Димитров, Д. Дамянов, Т. Тодорв** (1986) *Гравиметрични работи при локализирането на разломни зони в района на София*, Геодезия, картография и земеустройство, бр.5
74. **Христов Вл.** (1951) *Физическа геодезия*. Държавно издателство „Наука и изкуство“, София
75. **Ценков Ц., Михайлов Е.** (2008) *Еталонна гравиметрична мрежа и нейното осъвременяване*. Доклади на научна конференция с международно участие – ВСУ „Любен Каравелов“, 29 май-30 май 2008 г. VII-76 – VII-80.
76. **Ценков Ц., Е. Михайлов** (2010) *Намаляване на деформацията на гравиметричната мрежа на Република България - основен, първи и втори клас*, X Международна научна конференция ВСУ „Л. Каравелов“, 3-4 юни, VI-14-18, София
77. **Ценков Ц., Т. Беляшки, Е. Михайлов** (2011) *Получаване на гравиметричните поправки по линии от Държавната нивелация на Република България*, Сборник доклади „XIIта международна научна конференция ВСУ“, 2-3 юни, София, т.2, стр. VI-13 - VI-18
78. **Държавна гравиметрична мрежа**, nigif_geodezy's Blog, <http://geodezy.wordpress.com/2010/04/22/>
79. **IAG** (1971). *The International Gravity Standardization Net 1971*, Special Publication № 4, Paris
80. **Georgiev I., D. Dimitrov, L. Pashova, E. Botev, S. Shaniv, G. Nikolov.** (2006). *Kinematics and geodynamics of the Krupnik-Kresna seismogenic zone*, BAS, Geodesy 17, 85-97.
81. **Denker H., J.P. Barriot, R. Barzaghi, D. Fairhead, R. Forsberg, J., Ihde, A. Kenyeres, U. Marti, M. Sarrailh, I.N. Tziavos** (2008) *A new European Gravimetric Quasigeoid EGG2008*, Poster presentation at IAG International Symposium on 'Gravity, Geoid and Earth Observation 2008, June, 23-27, Chania, Crete, Greece.

82. **Denker H.**, W. Torge (1997) *The European Gravimetric Quasigeoid EGG97 – An IAG supported continental enterprise*, In: IAG Symposium Proceedings IAG Scientific Assembly Rio de Janeiro, 1997. Springer Verlag.
83. **Dimitrov D.**, E. Mihailov, M. Everaerts, L. Stoyanov. (2008). *Results from gravimetric measurements in the region of the EQ in April 1928 (Chirpan – Plovdiv)*, BAS, Geodesy 19, 66-75.
84. **Everaertz M.**, D. Dimitrov, T. Camelbeeck. (2005). *Gravity campaign in the Chirpan - Plovdiv area in Southern Bulgaria*, EGU Vienna, 24-29 April 2005.
85. **Jiang Z.**, O. Francis, L. Vitushkin, V. Palinkas, A. Germak, M. Becker, G. D'Agostino, M. Amalvict, R. Bayer, M. Bilker-Koivula, S. Desogus, J. Faller, R. Falk, J. Hinderer, C. Gagnon, T. Jakob, E. Kalish, J. Kostelesky, C. Lee, J. Liard, Y. Lokshyn, B. Luck, J. Mäkinen, S. Mizushima, N. Le Moigne, C. Origlia, E.R. Pujol, P. Richard, L. Robertsson, D. Ruess, D. Schmerge, Y. Stus, S. Svitlov, S. Thies, C. Ullrich, M. van Camp, A. Vitushkin, W. Ji, H. Wilmes (2011) *Final report on the Seventh International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG 2005)*. *Metrologia*, No48, pp. 246-260
86. **Kenyeres A.**, M. Sacher, J. Ihde, H. Denker, U. Marti (2010) *EUVN Densification Action - Final report*, http://www.bkg.bund.de/geodIS/EVRS/SharedDocs/Downloads/Publications/EUVNDA_FinalReport,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/EUVN-DA_FinalReport.pdf Accessed on 13.08.2013
87. **Kenyeres A.**, G. Boedecker, O. Francis (2002). *Unified European Gravity Reference Network 2002 (UEGN2002): A Status Report*
88. **Mihailov E.**, D. Dimitrov. (2006). *Results from Gravimetric measurements in the region around the Krupnik fault, SW Bulgaria*, Geodesy, BAS, Sofia, vol. 17, 108-115.
89. **Mihaylov E.** (2008) *Analysis, state and proposals for increasing the accuracy of the gravimetric network of the Republic of Bulgaria*, Bulgarian Academy of Sciences, Geodesy, vol.21, Sofia
90. **Milev G.**, L. Stoyanov, M. Minchev, T. Beljashki, K. Vassileva, E. Peneva, E. Mihailov, E. Rangelova. *National report of Bulgaria*. 2nd UNIGRACE working conference. Warsaw university of technology, Institute of geodesy and geodetic astronomy. Reports on Geodesy. 1999, No 2(43), 13-19., Proceeding of the 2nd UNIGRACE working conference , Warsaw, 22-23 February 1999.
91. **Milev G.**, K. Vassileva, L. Stoyanov, V. Stoinov, G. Valev, E. Peneva, T. Tashkov, T. Belyashki, E. Mihailov (2003) *National Gravity System for Bulgaria*, IGS Proceedings, 6 pp
92. **Milev G.**, L. Stoyanov, K. Vassileva (2003) *Gravimetric base of Bulgaria*, Bulgarian Academy of Sciences, Geodesy, 16, Sofia
93. **Milev G.**, K. Vassileva (2003) *GNSS and Gravity Projects in Europe and Bulgarian Participation*, FIG Working Week, Paris, France, April 13-17
94. **Milev G.**, L. Stoyanov, K. Vassileva (2003) *Gravimetric base of Bulgaria*, Geodesy, No 16, pp. 93-100
95. **Morelli C.** (1987) *Absolute gravity as geodetic reference control*, Journal of Geodynamics, vol. 7, pp. 285-298

96. **Morelli C.**, C. Gantar, T. Honkasalo, R.K. McConnell, J.G. Tanner, B. Szabo, U. Uotila, C.T. Whalen (1974) *The International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN 71)*, IUGG-IAG Special Publication No. 4, Paris.
97. **Moritz H.** (2000) *Geodetic Reference System 1980*, Journal of Geodesy, vol. 74, No 1, pp. 128-162
98. **Peneva E.**, I. Georgiev. (2006). *Comparison of a gravimetric geoid model with data from GPS/levelling for the territory of SW Bulgaria*, Geodesy, BAS, Sofia, vol. 17, 116-125
99. **Ruess D.**, C. Ullrich. (2006). *Absolute Gravity Measurements during the CERGOP-2 Project in Romania and Bulgaria*, Geodynamics of the Balkan Peninsula, Reports on Geodesy, No 5 (80), 221-230.
100. **Stoyanov L.D.**, R.A. Ivanov (2002) *Design of the new Bulgarian Gravity Base Network*, Bulgarian Geophysical Journal, 2002, V.28, 1-4
101. **Stoyanov L.** (2003). *Integrating processes in derivation of Geodetic System for Bulgaria*. Geodesy, BAS, Sofia, vol. 16, 81-92.
102. **Valcheva S.**, I. Yovev, R. Grebenitcharsky (2012) *Earth tidal systems and their geodetic applications in Bulgaria*, In: Proceedings of the International Jubilee Conference UACEG2012: Science & Practice, Bulgaria, Sofia, Nov. 15-17, vol. 1, pp. 419-424
103. **Wilmes H.**, H. Wziontek, R. Falk, J. Ihde, S. Bonvalot, R. Forsberg, S. Kenyon, L. Vitushkin(2010) *Establishment of a Global Absolute Gravity Network*, Paper presented at the IAG Symposium on Terrestrial Gravimetry: Static and Mobile Measurements (TG-SMM), June, 22-25, Saint Petersburg, Russia
104. **Wilmes H.**, B. Richter, R. Falk (2003) *Absolute gravity measurements: a system by itself*, In: Gravity and Geoid 2002 - Proceedings of the 3rd Meeting of the International Gravity and Geoid Commission, Tziavos I.N., (ed), Editions Ziti, pp. 19-25
105. **Woollard G.P.**, V.M. Godley (1980) *The new gravity system: changes in international gravity base values and anomaly values*, Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii 96822, HIG-80-1
106. <http://www.bkg.bund.de/>
107. <http://bgi.obs-mip.fr/en>
108. <http://www.eurogeographics.org/>