

УДК 550.83.04

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55504

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НАД ЭЛЬБРУСОМ И КАЗБЕКОМ

© 2014 В.Б. Заалишвили<sup>1</sup>, д.ф.-м.н., проф., Н.И. Невская<sup>1</sup>, к.г.-м.н.,  
Л.Н. Невский<sup>1</sup>, А.Г. Шемпелев<sup>1,2</sup>, к.г.-м.н.

<sup>1</sup>Центр геофизических исследований ВНЦ РАН и РСО-А, Россия, 362002, г. Владикавказ, ул.Маркова 93а, e-mail: cgi\_ras@mail.ru; <sup>2</sup>ОАО «Кавказгеолсъемка» Почтовый адрес: 357600, Ессентуки, ул. Кисловодская, 203, shemp38@yandex.ru

В статье рассмотрены особенности геологического строения Эльбруса и Казбека. Одной из особенностей поля силы тяжести Кавказа является наличие для районов Приэльбрусья и Чегемского нагорья самых минимальных значений в Большекавказском регионе. Относительно положительные значения гравитационного поля Казбекского района, определяются приповерхностным слоем с избыточной плотностью  $0,15 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$  верхняя и нижняя границы которого находятся на глубинах порядка 0,5 и 4,5 км. Зона Главного хребта Центрального Кавказа является в региональном плане областью пониженных значений магнитного поля, которое осложнено локальными знакопеременными аномалиями.

**Ключевые слова:** поле силы тяжести гравитационное поле, магнитные аномалии, Эльбрус, Казбек, Тепли, ледник.



Эльбрус



Казбек

Рис. 1.

Эльбрус – на северном склоне Большого Кавказа, в Боковом хребте, на водоразделе рек Малки, Баксана и Кубани. Приурочен к месту пересечения продольной Тырнаузской разломной зоны с поперечным Эльбрусским разломом. Насажен на древние кристаллические породы, которые образуют горстовый блок.

На границе северокавказских республик Кабардино-Балкария и Карачаево-Черкесия находится самая высокая точка России и Европы – вулкан Эльбрус (рис. 1). С северной частью горной системы Большого Кавказа он связан через Боковой Хребет. Этот знаменитый «пятитысячник» не спутать ни с одним другим: его вершина состоит из двух пиков примерно равной высоты. Восточная часть вздымается на 5621 м над уровнем моря, а западная еще выше 5642 м.

Стратовулкан (от лат stratum «слой», конусовидный вулкан, слои которого образованы чередующимися потоками лавы, пепла, туфа) Эльбрус был наиболее ак-

тивен около 225 000-170 000, затем 110 000-70 000 и менее 30 000 лет назад. Были извержения и 6200, и 4500, и 2500 лет назад. Постепенно вулкан принял нынешнюю форму. Мало где на Земле сохранились вулканы, имеющие такую же красивую, «классическую» конусовидную форму, как этот. Обычно кратеры очень быстро подвергаются процессам эрозии и всевозможным разрушениям. Картинную форму Эльбруса сохранила его мантия из снега и льда, которые не тают даже летом, за что «белую шапку» вулкана прозвали Малой Антарктидой.

Основную массу продуктов вулканической деятельности, произошедших из материнской, т.е. общей для всех периодов извержений дацитовой (высокосиликатной) магмы, составляют кремнеземы.

Судя по ряду фактов, в последний раз вулкан напоминал о себе достаточно давно – около 50 г н. э. ( $\pm 50$  лет), но, тем не менее, наблюдения за его нынешней степенью активности не дают поводов экспертам относить его к разряду потухших и они называют Эльбрус «спящим». И действительно – вулкан ведет достаточно активную – хоть и не разрушительную – внутреннюю и внешнюю деятельность: горячие массы до сих пор сохраняются в его недрах и «подогревают» имеющиеся источники (так называемые «Горячие Нарзаны» с температурой  $+52^{\circ}\text{C}$  и  $+60^{\circ}\text{C}$ ), обильно насыщенные углекислым газом и минеральными солями, а сквозь трещины просачивается запах сернистых газов. В глубинах вулкана зарождаются и насыщаются многие знаменитые источники лечебных курортов Пятигорска, Кисловодска, всего района Минеральных Вод.

Эльбрус напоминает самостоятельную арктическую страну, живущую по своим законам. Здесь имеются собственные климатические зоны. Так, например, от вершин и до отметки 4900 м никогда не происходит таяние льдов – температура здесь постоянно держится ниже нуля. Излишки влаги испаряются, снег сдувается ветрами, слеживается, Срывается лавинами. От 4900 до высоты в 3800 м находится кольцеобразный фирновый (от древневерхненемецкого *firni* – «прошлогодний», «старый»: плотно слежавшийся многолетний снег, постепенно превращающийся в лед) бассейн. Этот практически сплошной пояс ледяных полей формирует все ледники Эльбруса: около 13 крупных и более 70 коротких (висячих). Ледники постепенно стекают и питают своими водами крупнейшие реки региона: Кубань, Малку, Баксан и притоки Терека.

Казбек – гора Кавказа, расположена на Казбекском субширотном разломе, в месте его пересечения поперечным Казбек-Цхинвальским разломом [1, с. 223]. Приблизительно 250 млн. лет назад две мощные литосферные плиты – Евразийская и Аравийская, как бы плывущие в океане земной магмы, начали сближаться. Около 60 млн. лет назад (в начале палеогена) этот процесс ускорился. Но еще 12 млн. лет назад на месте равнин Кавказа были морские лагуны, над которыми кое-где возвышались цепи невысоких складчатых гор – прообраз будущего Кавказского хребта. Около 10 млн. лет назад Аравийская плита начала откалываться от Африканской и быстро продвигаться к северу. Все структуры окраинных морей юга Евразии начали выталкиваться на поверхность вместе с толщей минеральных осадков, больших масс камня с выходами магмы (вулканами). Около 5 млн. лет назад началась стадия формирования гор Европы, по завершении которой они в основном приобрели облик, знакомый нам ныне. В результате резкого поднятия земной коры горы Большого Кавказа достигли сначала 2,5 км высоты, и еще через полтора млн. лет, в четвертичный период, они выросли в центральной своей части до 4-5 км. Выход

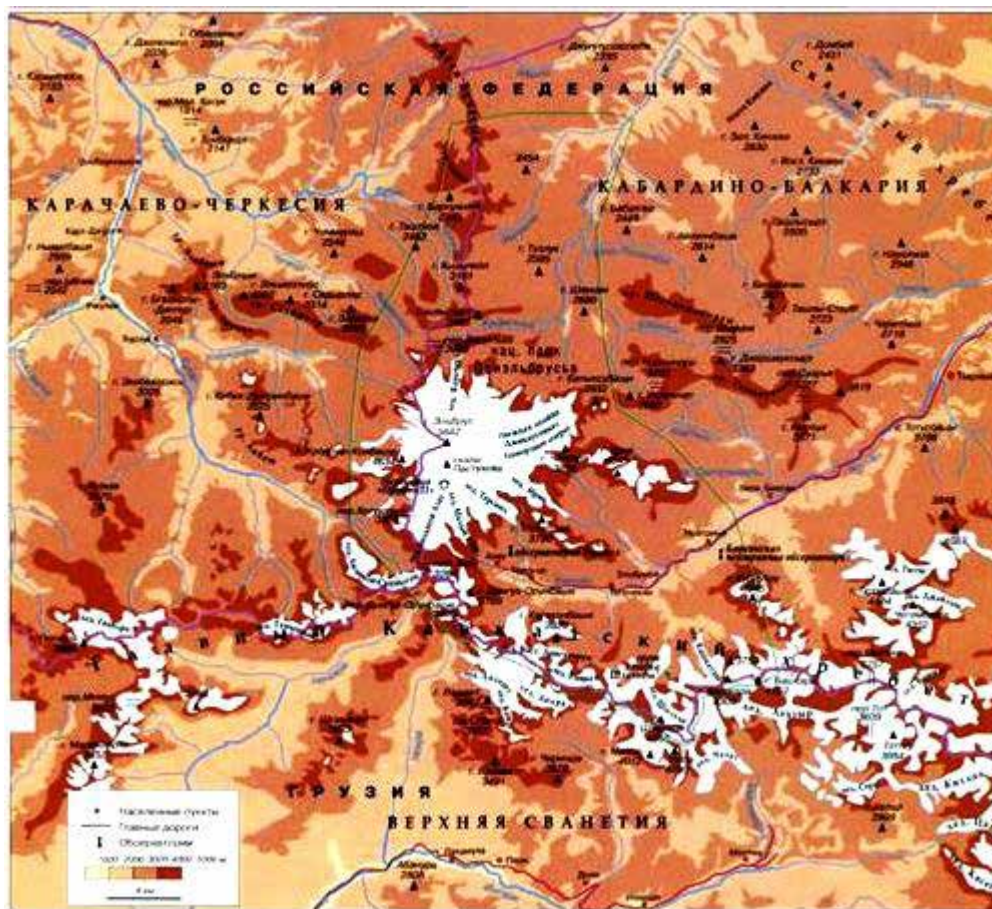


Рис. 2. Схематический план 1. Район Эльбруса

магмы (лавы) из вулканов замедлился. Казбек имеет вулканическую родословную и относится к типу стратовулканов. Они в основе своей имеют форму высокого конуса с крутыми склонами, сложившимися из слоев затвердевшей лавы (андезита) и вулканического пепла (тефры). Для выхода на поверхность из стратовулкана магма должна пройти большой путь, и когда она извергается в виде лавы, то эта лава вязкая, густая, далеко не распространяется.

Таков вкратце геологический портрет и Казбека. Последнее извержение из его кратера произошло приблизительно в 750 г до н. э.

Казбек считается спящим вулканом. У него два покрытых снежными шапками пика-конуса: восточный (5033,8 м) и западный (5025 м). Их соединяет хребет-седловина (5005 м). В окрестностях вершины хорошо заметны розово-серые и черные пористые отложения андезита потоки лавы, которые спускались по восточному и южному склонам в Дарьяльское ущелье. Под андезитовым слоем лежит основной массив Казбека, состоящий из сланцевых горных пород и так называемых низкотемпературных минералов.

Извержения лавы из кратера Казбека на протяжении всей его геологической истории, общая протяженность которой примерно 8 млн. лет, чередовались с оледенениями. Горные цирки и долины, образовавшиеся в результате этого процесса, служат ложем современным ледникам, сходящим по южным, восточным и северным склонам. На своем пути ледники местами образуют грандиозные ледопады, рассеченные трещинами глубиной до 60 м. На юго-восток стекает Гергетский лед-

ник, он же Орцвери и Чхери. На северо-запад с Майлинского плато в Геналдонское ущелье стекает грандиозным ледопадом ледник Майли. На север с поворотом к северо-востоку с Казбекского плато движется ледник Чач. На северо-восток с плато уходит и самый крупный ледник Казбека Девдорак, на восток с Казбекского массива под крутым углом стекает узкий ледник Абано.

Кавказ, а вместе с ним и Казбек продолжает «расти». В 2007 г во Владикавказе под эгидой ЮНЕСКО прошла VI Международная конференция «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий», на которой были оглашены выводы, сделанные геофизиками после анализа катастрофического схода ледника Колка в Кармадонском ущелье 20 сентября 2002 г. Один из них гласит, что произошло «газодинамическое воздействие спящего вулкана Казбек на ледник Колка, приведшее к его катастрофическому выбросу». Выходит, не такой уж он спящий.

На Центральном Кавказе выполнен довольно большой объем площадных гравиметрических и аэромагнитных съёмок масштабов 1:200000-1:50000, а также глубинных исследований по региональным профилям методами обменных волн землетрясений (МОВЗ) и магнитотеллурических зондирований (МТЗ).

Одной из особенностей поля силы тяжести Кавказа, изменяющегося в пределах 200 мГал, является наличие для районов Приэльбрусья и Чегемского нагорья самых минимальных значений в Большекавказском регионе (см. рис.). Северные склоны Главного хребта характеризуются относительно повышенными значениями гравитационного поля. Поле силы тяжести в региональном плане определяется, прежде всего, глубинным строением земной коры. Природа крупного Эльбрусского минимума связывается со значительным погружением поверхности Мохоровичича (до 55-60 км) и резким увеличением мощности условного «гранитного» слоя. В тоже

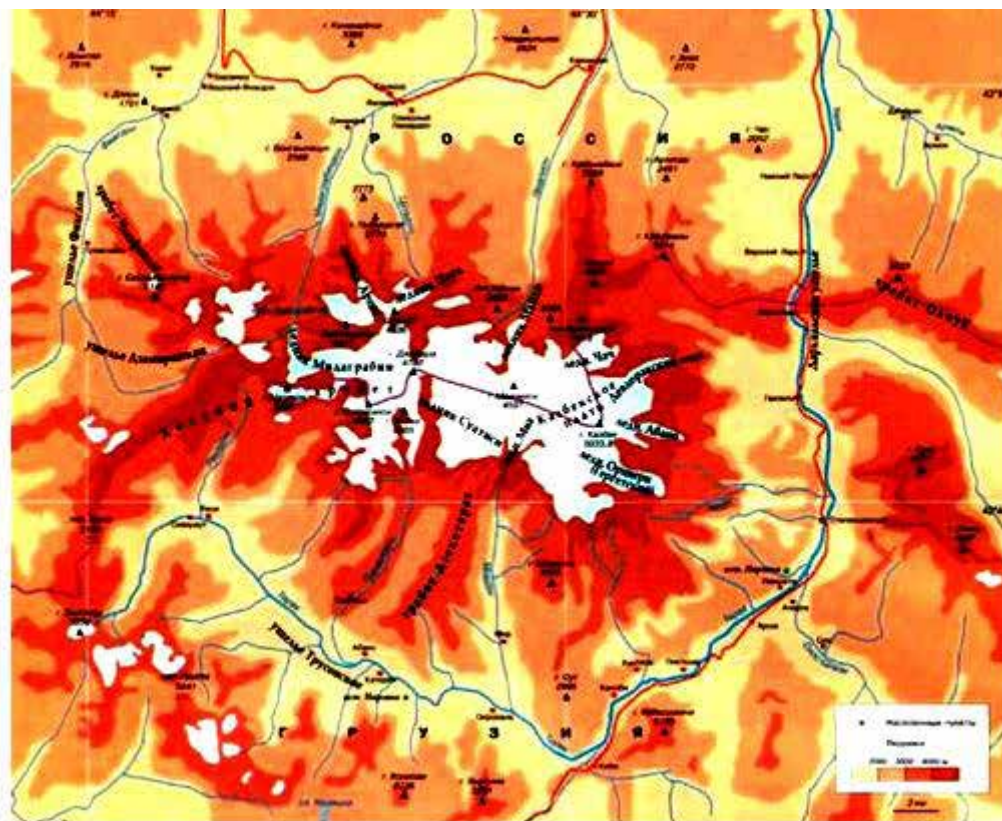


Рис. 3. Схематический план 2-Район Казбека

время сложное геологическое строение верхней части земной коры этого района обусловило большое количество положительных и отрицательных аномалий гравитационного поля более высоких порядков, хотя они и не нашли своего отражения на приводимой схеме, так как изоаномалы проведены через 20 мГал.

Над вулканом Эльбрус наблюдается дополнительно локальный минимум поля силы тяжести. Аномалии отвечает объект грубо сферической формы (диаметр 10-15 км) с экстремально низкой плотностью  $2,1 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ , залегающий на глубине первых километров [Шемпелев, 1982, с. 106]. Локальными аномалиями меньшей интенсивности отмечаются восточнее Эльбруса области развития молодого вулканизма Чегемского нагорья и эльджуртинских гранитов в долине р. Баксан (плотность последних  $2,57 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ). По данным магнитотеллурических зондирований вдоль Приэльбрусского профиля [Шемпелев и др., 2011, с. 104] локальная аномалия электропроводимости на глубинах «базальтового» слоя связана, вероятно, с участком плавления горных пород, который является магматическим очагом вулкана Эльбрус. А локальный минимум электрических сопротивлений над ней вблизи дневной поверхности может отвечать магматической камере вулкана. Форма и ориентировочные их размеры подчёркиваются границами обмена PS-волн по МОВЗ на глубинах 3-5 км и 12-15 км. В плотностном разрезе на глубинах до 40 км вулкану соответствует концентрация особых точек гравитационных аномалий, оконтуренная сверху ореолом особых точек магнитных аномалий.

Относительно положительные значения гравитационного поля Казбекского района, как показывают расчёты, определяются приповерхностным слоем с избыточной плотностью  $0,15 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ , верхняя и нижняя границы которого находятся на глубинах порядка 0,5 и 4,5 км. Этот слой может быть представлен толщей глубоководных нижнеюрских осадков с продуктами основного магматизма (дайки, интрузии, силлы Казбекского диабазового пояса), залегающей на кристаллическом фундаменте. Горы Тепли и Казбек не сопровождаются локальными гравитационными аномалиями. Поэтому предполагать здесь, по аналогии с Эльбрусским вулканом, наличие каких-либо «очаговых» объектов, как правило, разуплотнённых, по гравиметрическим данным нет оснований. Электроразведкой также не выявлено низкоомных зон или участков земной коры, которые могли бы отождествляться с современными подводными каналами, очагами или камерами вулканических аппаратов, что наблюдается, например, у вулкана Эльбрус [Шемпелев, 2008, с. 466].

Зона Главного хребта Центрального Кавказа является в региональном плане областью пониженных значений магнитного поля (см. рис.), которое осложнено локальными знакопеременными аномалиями интенсивностью до нескольких тысяч нанотесл в районах развития молодого вулканизма гор Эльбрус, Казбек, Тепли, Чегемского нагорья и верховьев реки Терек. Территория распространения байосских вулкаников Южного склона Большого Кавказа и Закавказья (юго-западный угол рисунка) характеризуется ограниченными по площади резко дифференцированными разного знака локальными аномалиями магнитного поля.

Довольно интенсивные магнитные аномалии района Эльбруса связываются с излившимися лавами и туфами липаритов нижнечетвертичного возраста. Причём излияние последних, очевидно, шло по трещинам широтного простирания протяжённостью порядка 15-20 км. Они уверенно прослеживаются при детальном магнитных съёмках. Образование жерл и конусов вулкана Эльбрус произошло на завершающей стадии вулканической деятельности. Основное жерло вулкана в на-

стоящее время, вероятно, запечатано изливаниями лав нескольких этапов, а незначительная энергетическая разгрузка происходит по пологим зонам на северо-восточных склонах Эльбруса, где наблюдаются паразитические жерла вулкана. Аномалии разного знака в несколько тысяч нанотесл наблюдаются над Чегемским нагорьем. Они чётко обрисовывают контуры наземной вулканической постройки.

В районах же гор Казбек и Тепли магнитные разности пород представлены в значительно меньшем объёме. Здесь, судя по имеющимся площадкам обмена PS-волн и градиентам поля электрических сопротивлений, можно, также как и по гравиметрическим данным, предполагать залегание кристаллического фундамента на

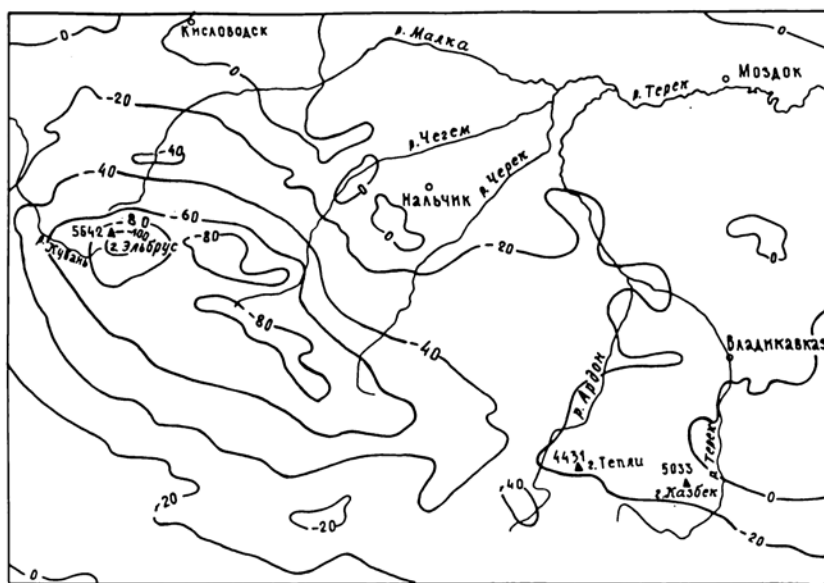


Схема гравитационного поля в мГал

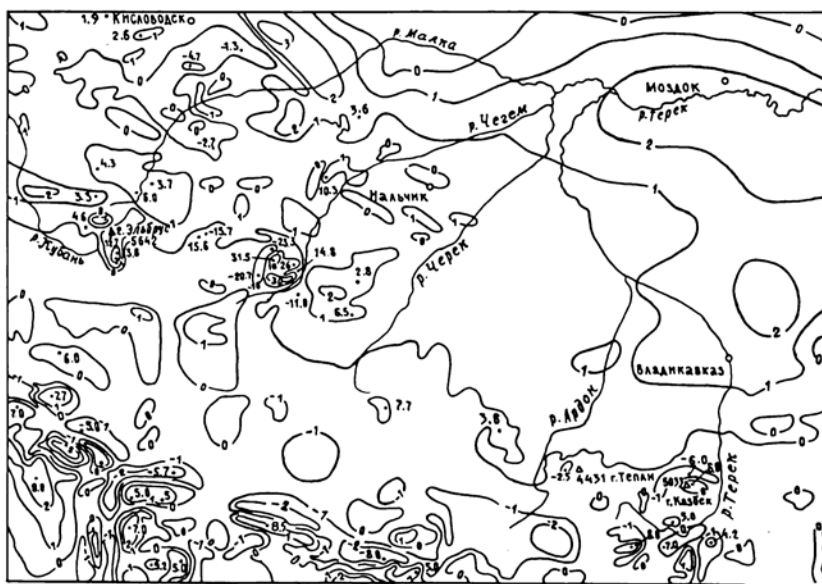


Схема аномального магнитного поля в  $10^2$  нТл

км 0 10 20 30 40 50 км

Рис. 4. Схемы гравитационного и магнитного полей

глубинах порядка 5-ти км. Общая мощность земной коры доходит до 50-ти км за счёт вероятного удвоения мощности условного «базальтового» слоя.

Таким образом, следует подчеркнуть, что для горы Казбек в геофизических полях не находится признаков вулкана, что неоднократно подчёркивалось ранее. То есть Казбек следует рассматривать, в отличие от Эльбруса, в крайнем случае, как потухший вулкан, а, вернее, как одну из вершин горной цепи Главного Кавказского хребта, не угрожающую возобновлением вулканической деятельности.

### Литература

1. Апродов В.А. Вулканы М. 1982.
2. Шемпелев А.Г. Глубинное строение Казбекского мегаблока Большого Кавказа // Материалы ХLI Тектонического совещания «Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики». М., 2008. С. 463-467.
3. Шемпелев А.Г. Разломно-блоковая тектоника Северного Кавказа по геофизическим данным // Геологический журнал. Киев. 1982. №4. С. 97-108.
4. Шемпелев А.Г., Пруцкий Н.И., Компаниец М.А., Морозова А.Г., Кухмазов С.У., Пьянков В.Я. Результаты глубинных исследований вдоль Приэльбрусского профиля (вулкан Эльбрус – Кавказские Минеральные Воды) // Вулканизм, биосфера и экологические проблемы. Сборник материалов VI Международной научной конференции. Майкоп – Туапсе, 2011. С. 103-105.

DOI: 10.23671/VNC.2014.4.55504

## CHARACTERISTICS OF GEOPHYSICAL FIELDS ON THE ELBRUS AND KAZBEK

© 2014 V.B. Zaalishvili<sup>1</sup>, Sc. Doctor (Phys.-Math.), prof., N.I. Nevskaja<sup>1</sup>, Sc. Candidate (Geol.-Min.), L.N. Nevski<sup>1</sup>, A.G. Shempelev<sup>1,2</sup>, Sc. Candidate (Geol.-Min.)

<sup>1</sup>Center of Geophysical Investigations of VSC RAS & RNO-A, 93a, Markov street, Vladikavkaz, 362002, Russia, e-mail: cgi\_ras@mail.ru; <sup>2</sup>JSC «Kavkazgeoks'emka» 203, Kislovodskaja street, Essentuki, 357623, Russia, e-mail: shemp38@yandex.ru

In the article the features of geological structure of Elbrus and Kazbek are examined. One of the features of the gravity fields of the Caucasus is the availability for areas of Elbrus and Chegem Highlands most minimum values in the big Caucasus region.

The positive values of the gravitational field of the Kazbek district, are determined by the surface layer with excessive densities of  $0,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  the top and bottom borders are at depths of about 0.5 and 4.5 km.

Area of the main ridge of the Central Caucasus has at the regional level the lower values of the magnetic field, which is complicated by alternating local anomalies.

**Keywords:** the force of gravity, gravitational field, magnetic anomalies. Elbrus, Kazbek, Tepli, glacier.