МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР СССР

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКЕ

gost.e-ecolog.ru

дат

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР СССР

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКЕ




ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР
МОСКВА 1961

Инструкция составлена во Всесоюзном научно-исследовательском институте геофизических методов разведки (ВНИИГеофизика) Министерства геологии и охраны недр СССР сотрудниками института В. Э. Голомбом, П. И. Лукавченко и Л. А. Юрковой на основе временного наставления по гравиразведке с гравиметрами бывшего Министерства нефтяной промышленности (Гостоптехиздат, 1951), инструкции по гравиразведке с гравиметрами Министерства геологии (Госгеолиздат, 1952), инструкции по гравиразведке с вариометрами бывшего Министерства нефтяной промышленности (Гостоптехиздат, 1942) и инструкции по гравиразведке с вариометрами Министерства геологии (Госгеолиздат, 1952) с учетом опыта гравиметрической разведки в СССР за последние годы.

Требования к работе с гравитационным градиентометром составлены С. А. Поддубным.

Проект инструкции был широко обсужден в геологических управлениях и геофизических организациях. В рассмотрении замечаний с мест принимали участие: В. И. Арест, В. Э. Голомб, Л. В. Петров, В. В. Федынский, Л. А. Юркова и частично, К. Е. Веселов, А. И. Дюков, П. И. Лукавченко, Н. Б. Сажина и Л. П. Смирнов.

«Утверждаю»
Заместитель Министра
геологии и охраны недр СССР
*Б. ЕРОФЕЕВ.*
7 июля 1960 года.

ЧАСТЬ I

# ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ

## Задачи, условия и виды гравиразведки

§ 1. Гравиметрическая разведка является одним из геофизических методов, применяемых в геологоразведочных работах для изучения геологического строения территории, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых.

§ 2. Гравиметрическая разведка основана на различии в плотности пород, руд и других полезных ископаемых. Метод разведки заключается в измерении значений ускорения силы тяжести или вторых производных потенциала этой силы, выявлении аномалий этих значений и их распределения по обследованным направлениям или площадям, вызванных особенностями геологического строения участка или залежами полезного ископаемого, и геологическом истолковании этих аномалий.

§ 3. Гравиметрическая разведка применяется с целью получения данных для:

а) тектонического и литолого-петрографического районирования изучаемой территории при геологическом картировании и составлении прогнозных и металлогенических карт. Объектами исследования при этом могут быть кристаллические щиты и массивы, поднятия фундамента, депрессии, области накопления мощных толщ осадочных отложений, границы платформ и геосинклиналей, глубинные разломы земной коры;

б) выделения зон и участков, перспективных для постановки на них более детальных геологических и геофизических работ. Объектами исследования при этом могут быть толщи, свиты или горизонты, сложенные горными породами, отличающимися по своей плотности, являющиеся маркирующими в литолого-петрографическом, структурном и стратиграфическом отношении, представляющие собой крупные залежи полезных ископаемых или вмещающие и контролирующие месторождения полезных ископаемых (нефтегазоносные, рудоносные, угленосные и т. д.); интрузии и прилегающие к ним зоны изменения пород, эффузивные образования; литолого-стратиграфические и тектонические

контакты пород с различной плотностью, особенности погребенного рельефа тектонического и эрозионного происхождения;

в) выявления локальных структурных форм, благоприятных для скопления полезных ископаемых, а также непосредственно локальных залежей полезных ископаемых (рудные тела, пласты и т. п.);

г) определения в особо благоприятных случаях формы, элементов залегания и размеров залежи полезного ископаемого с оценкой запасов; формы и элементов залегания структуры, вмещающей или контролирующей залежь; характеристики горнотехнических условий эксплуатации месторождения.

§ 4. В соответствии с указанными целями и объектами, гравиметрическая разведка применяется:

а) в обязательном порядке при государственном геологическом картировании масштабов 1 : 1 000 000, 1 : 500 000 и региональном картировании масштаба 1 : 200 000;

б) при геологическом картировании масштабов 1 : 100 000—1 : 10 000;

в) при поисках и разведке месторождений нефти, газа, железных руд, хромита, марганца, медного колчедана, полиметаллических руд, барита, каменных и бурых углей, поваренной и калийной соли по прямым и косвенным признакам.

§ 5. Наряду с разрешением геологических задач результаты гравиметрической разведки используются для изучения фигуры Земли и глубинного строения земной коры, а также для решения других теоретических и практических вопросов, о которых следует помнить при постановке и проведении исследований.

§ 6. Эффективность применения гравиметрической разведки определяется следующими факторами:

а) наличием разности плотности изучаемого объекта и вмещающих пород или контактирующих сред, если объектом изучения являются их границы;

б) размерами объекта и глубиной его залегания;

в) наличием и характером других объектов, вызывающих гравитационные аномалии в пределах территории исследований, являющихся помехами;

г) формой и элементами залегания объекта относительно поверхности, на которой производятся гравиметрические измерения;

д) характером рельефа поверхности, на которой производятся измерения — дневной поверхности или поверхности морского дна.

Благоприятным условием для применения гравиметрической разведки является сочетание этих факторов, обеспечивающее уверенное выделение аномалий, обусловленных исследуемым объектом. Гравиметрическая разведка будет тем эффективнее, чем больше избыточная (недостаточная) плотность, круче наклон границ ее раздела, больше размеры изучаемых тел,

меньше глубина их залегания и спокойнее поверхностный рельеф местности.

§ 7. При применении гравиметрической разведки необходимо:

а) возможно более полное изучение плотностей и пористости горных пород и полезных ископаемых района с использованием всех имеющихся данных и, в случае недостаточности таковых, проведение специальных дополнительных определений;

б) тщательное изучение всех имеющихся геологических и геофизических данных о геологическом строении района и вскрытых залежах полезных ископаемых;

в) изучение генетического типа месторождений, являющихся предметом поисков или разведки, для установления наиболее характерной морфологии залежей, геологической обстановки, генезиса, вероятного характера вмещающих пород и их изменений в процессе образования залежей, возможной связи рудообразования с интрузиями определенного состава и тектоническими структурами, формами погребенного рельефа и др.;

г) изучение промышленного типа месторождений, которые являются предметом поисков или разведки, для определения требований к размерам промышленных рудных тел (запасам), соотношений между этими телами и глубиной их залегания; предельной глубины залегания и использование этих данных для оценки возможной интенсивности гравитационных аномалий, вызываемых этими телами.

§ 8. Для наиболее уверенного и полного решения геологических задач предпочтительно применение гравиметрической разведки в комплексе с другими геофизическими методами. Например, при региональных исследованиях целесообразно сочетание гравиразведки с аэромагнитной съемкой, региональными сейсмическими профилями, сейсмозондированиями и некоторыми модификациями электроразведки. При поисках нефтегазоносных структур рационально сочетание гравиразведки и сейсморазведки. При поисках руд эффективен комплекс с магниторазведкой и электроразведкой.

§ 9. При региональных гравиразведочных работах, а также поисках и оконтуривании крупных и глубоко залегающих структур и залежей полезных ископаемых, особенно в условиях относительно расчлененного рельефа местности, измеряются значения ускорения силы тяжести.

При крупномасштабных гравиразведочных работах, связанных с изучением деталей геологического строения, поисках и оконтуривании малых и неглубоко залегающих структур и залежей полезных ископаемых, прослеживании дизъюнктивных нарушений, а также в случае необходимости проведения количественных расчетов по определению формы, размеров и элементов залегания возмущающих объектов большие возмож-

ности представляет измерение вторых производных потенциала силы тяжести, особенно в условиях спокойного дневного рельефа.

При решении сложных задач для повышения геологической эффективности гравиметрической разведки бывает целесообразным сочетание измерений ускорения силы тяжести и вторых производных ее потенциала.

Измерения ускорения силы тяжести производятся гравиметрами. Для измерения вторых производных потенциала силы тяжести используются гравитационные вариометры и градиентометры.

В соответствии с этим гравиметрическая разведка подразделяется на две модификации: с гравиметрами и с вариометрами. Измерения с градиентометрами относят ко второй модификации.

§ 10. По своему характеру гравиметрическая съемка может быть площадной и профильной.

Площадной называется съемка, результаты которой позволяют построить карту изоаномал силы тяжести на всю исследованную площадь. При этом площадная съемка может быть равномерной, если расстояния между точками наблюдений в среднем одинаковы, и неравномерной, если расстояния между точками уменьшаются вкрест простирания известных и предполагаемых структурных форм, контактов, литологических комплексов и залежей полезных ископаемых и по максимальному градиенту поля или увеличиваются по простиранию и перпендикулярно к максимальному градиенту поля.

Отклонения сети точек площадной съемки от равномерности, определяемые геологическими особенностями изучаемой территории, не должны снижать достоверности построения карты изоаномал силы тяжести, для чего соотношение расстояний между точками по профилю и между профилями не должно быть меньше 1 : 5.

Площадная съемка дает наиболее полную и достоверную характеристику гравитационного поля исследуемого района и потому является предпочтительной при всех видах гравиметрической съемки.

Профильной называется съемка, результаты которой в силу взаимной отдаленности (изолированности) отдельных профилей позволяют получать относительные изменения силы тяжести или ее производных лишь вдоль этих профилей в виде кривых $\Delta g$ или $W_{sz}$.

### Требования к проектированию и организации работ

§ 11. Основным документом, определяющим работу гравиметрической партии на всех ее этапах, является технический проект, составляемый в соответствии с поставленной задачей, с учетом требований настоящей инструкции и других действую-

щих инструкций (по проектированию, геологическому картированию, топографо-геодезическим работам, технико-экономическому нормированию, технике безопасности и т. п.), а также в соответствии с указаниями руководства предприятия.

В проекте должна быть четко сформулирована геологическая задача работ, в зависимости от которой, а также от ожидаемого гравитационного поля и геологического строения района должны быть определены и обоснованы:

а) характер съемки (площадная или профильная);

б) сечение изоаномал отчетной карты, точность съемки, рациональная густота сети точек наблюдений (расстояния между точками и профилями), масштаб отчетной карты и других результативных материалов;

в) точность определения силы тяжести на опорных и рядовых точках, точность определения вторых производных потенциала, а также точность определения координат и высот гравиметрических точек;

г) способы интерпретации результатов.

Проект должен содержать необходимые сведения о географии и геологии района и все имеющиеся сведения о плотностной характеристике разреза и устанавливать категорию местности.

В проекте должна быть подробно изложена методика наблюдений на опорных и рядовых точках при работе с гравиметрами, обоснована избираемая система наблюдений (трех-, пяти- или четырехазимутная) при работе с вариометрами, предусмотрено возможное сгущение сети точек наблюдений на участках, требующих детализации, оценена необходимость введения поправки за рельеф местности (топографической поправки), предусмотрена необходимость проложения интерпретационных профилей, перекрытия с соседними съемками, должен быть определен процент независимых контрольных наблюдений, а также объем работ в координатных точках и физических наблюдениях, с указанием размера площади, подлежащей исследованию.

При проектировании должен быть выбран наиболее удобный и экономичный вид транспорта (в отдельных случаях самолет или вертолет).

В разделе проекта, посвященном топографо-геодезическим работам, обосновывается выбранная методика работ и требуемая точность, определяется общий объем работ и сроки его выполнения, а также состав топографо-геодезического отряда.

Проект должен иметь следующие основные графические приложения:

а) схему расположения района работ на геологической карте или структурно-тектонической схеме;

б) схему геофизической изученности района работ;

в) схему расположения опорных гравиметрических точек и профилей;

г) сводный геолого-геофизический разрез района с выделением основных границ раздела плотности.

Кроме того, целесообразно прилагать другие геологические материалы, необходимые для обоснования проектируемых работ.

§ 12. В процессе полевых работ, в зависимости от реальной обстановки и получаемых результатов, в проект могут вноситься соответствующие изменения. При этом изменения, касающиеся методики съемки и техники наблюдений, густоты сети или направления профилей, улучшающие или не снижающие качество съемки, повышающие производительность труда и снижающие себестоимость работ в пределах утвержденных проектом технических условий, осуществляются по усмотрению начальника партии и не требуют дополнительного оформления.

Изменения целевого назначения, геологических задач, перемещение участков съемки, а также полное прекращение или частичное сокращение работ могут быть осуществлены только с ведома вышестоящей организации и должны быть оформлены в виде утвержденных руководителем предприятия дополнений к основному проекту.

§ 13. Для полевых гравиразведочных работ соответствующее предприятие организует гравиметрические партии, действующие в пределах и на основе технического проекта, сметы, наряд-заказа, технических инструкций, наставлений и норм для данного вида и условий работ.

Каждая гравиметрическая партия состоит из одного или нескольких приборных отрядов, топографо-геодезического отряда (для морских партий — гидрографического и радиогеодезического) и соответствующего числа вспомогательных и хозяйственных работников.

В случае производственной необходимости и целесообразности гравиметрический отряд может входить в состав комплексной геофизической партии. В свою очередь гравиметрической партии могут быть приданы отряды других методов геофизической разведки.

Топографо-геодезические работы могут также проводиться специальными геодезическими партиями.

§ 14. Полный цикл гравиразведочных работ делится на следующие периоды:

а) проектно-сметный;

б) организационный (на месте формирования партии и в поле);

в) полевой;

г) ликвидационный (в поле и на месте расформирования партии);

д) камеральный.

В случае производственной целесообразности могут быть организованы круглогодичные гравиметрические партии с постоянными кадрами и централизованной камеральной группой.

При работе в новых районах, с новой аппаратурой или по новой методике партия может проводить опытные работы, продолжительность которых определяется техническим проектом. В опытном порядке следует также проводить работы по выяснению возможностей применения гравиметрического метода для решения новых геологических задач.

§ 15. Полевые работы гравиметрической партии заключаются в выполнении гравиметрических наблюдений (измерений) на каждом физическом (координатном) пункте местности и их топографо-геодезическом обосновании. Допускается любой порядок отработки пунктов гравиметрическим и топографо-геодезическим отрядами — одновременный или в различной последовательности, с безусловной тождественностью места наблюдения для обоих отрядов; предпочтительным является опережение топографическим отрядом гравиметрического.

§ 16. При организации гравиметрической партии надлежит произвести тщательный подбор гравиметров (вариометров) для выполнения запроектированных работ с точки зрения обеспечения заданной точности измерений, регулировки диапазона силы тяжести, близости температурной компенсации прибора к диапазону температур, ожидаемых при полевых работах.

До начала полевых работ партии необходимо:

а) получить и проанализировать все имеющиеся по району съемки картографические, геологические, геодезические и другие материалы;

б) ознакомить технический персонал партии с техническим проектом, инструкциями и наставлениями по работе, технике безопасности и др.;

в) произвести рекогносцировку района работ;

г) составить схему расположения пунктов наблюдений и график полевых работ отрядов и бригад.

§ 17. В процессе полевых работ необходимо координировать работы всех отрядов и бригад партии, а также своевременно (без отставания) обрабатывать полевые материалы «в две руки» вплоть до построения гравиметрических карт или, в случае профильной съемки, графиков изменения силы тяжести и вторых производных ее потенциала по профилям.

Результаты обработки полевых материалов необходимо систематически наносить на рабочие карты и схемы и учитывать их в последующих работах партии.

§ 18. Для увязки результатов проводимой съемки с выполняемыми или ранее выполненными съемками на соседних участках следует включать в текущую съемку опорные точки, расположенные в непосредственной от нее близости и производить перекрытие съемки в полосе шириной, равной удвоенному расстоянию между гравиметрическими точками.

Предельное расхождение наблюденных значений силы тяжести на одноименных опорных точках, с учетом разности уров-

ней за счет привязки к исходным точкам, не должно превышать утроенной средней квадратической ошибки определения данных опорных точек. При больших расхождениях необходимо проверить точность определения обеих опорных сетей.

§ 19. Для документации полевых наблюдений и обработки материалов рекомендуются определенные формы, указанные в приложениях 4 и 5.

Начальник партии должен обеспечить полную сохранность всей технической документации партии.

## ЧАСТЬ II

# МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ ГРАВИРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

§ 20. Методика полевых гравиразведочных работ определяется необходимостью решения поставленных перед работами геологических задач и включает в себя систему расположения и густоту рядовых точек наблюдений, систему опорных и исходных гравиметрических точек, точность наблюдений, методику и технику гравиметрических наблюдений, требования к топографо-геодезическому обоснованию, сечение и масштаб отчетной карты.

§ 21. Основным критерием требований, предъявляемых к гравиметрической разведочной съемке, является обеспечение выделения наименьших аномалий силы тяжести и ее производных, представляющих интерес для целей геологии и разведки полезного ископаемого. При площадной съемке с гравиметрами это осуществляется посредством правильного выбора сечения результативной карты; при площадной съемке с вариометрами и градиентометрами — этим же путем и правильным сочетанием густоты и точности наблюдений по профилям. При профильной съемке с приборами всех типов главным является правильное сочетание густоты и точности наблюдений.

Сечение изоаномал отчетной карты выбирается в зависимости от поставленных задач и интенсивности предполагаемых или исследуемых аномалий, а также условий работ и должно быть обосновано в техническом проекте. Сечение изоаномал отчетной карты может считаться отвечающим решению поставленных задач, если оно по крайней мере в 2—3 раза меньше интенсивности предполагаемых или исследуемых аномалий.

§ 22. В техническом проекте обосновывается рациональная густота сети точек наблюдений в зависимости от задач съемки, размеров ожидаемых аномалий и выбранного сечения отчетной карты. Густота сети точек наблюдений должна быть достаточной (но не излишней) для того, чтобы отмечаемые съемкой особенности гравитационного поля, соответствующие по своей величине влиянию искомых геологических объектов, были достоверными, т. е. выраженными не менее чем тремя

точками (для гравиметровой съемки, выполненными в независимых рейсах). В процессе полевых работ запроектированная густота сети должна корректироваться в зависимости от выявляемого характера гравитационного поля.

При недостаточной характеристике выявленных аномалий, важных для решения поставленной геологической задачи, или при отсутствии профилей, по которым можно было бы произвести надежные количественные расчеты, осуществляется детализация съемки путем измерений на дополнительных точках или проложения дополнительных профилей.

§ 23. Точность определения аномалий силы тяжести, характеризуемая величиной средней квадратической ошибки, должна составлять 0,4 сечения изоаномал отчетной карты.

§ 24. Масштаб отчетных гравиметрических карт устанавливается в зависимости от густоты сети пунктов наблюдений, сечения изоаномал и характера полученных результатов в соответствии с таблицами 1 и 2.

Масштабы векторов-градиентов силы тяжести и разностей кривизн, наносимых на отчетную карту, выбираются в зависимости от интенсивности гравитационных аномалий, расстояний между профилями и пунктами наблюдений и должны обеспечивать наглядность изображения элементов гравитационного поля.

§ 25. При проведении профильных съемок точность определения аномалий силы тяжести и густота сети наблюдений выбираются в зависимости от интенсивности и размеров ожидаемых в районе локальных аномалий, а также от глубины залегания искомых объектов. В частности, при поисково-разведочном применении гравиразведки целесообразно устанавливать шаг съемки вкрест простирания изучаемого объекта не менее чем в 2—3 раза меньше глубины возмущающего объекта. Точность определения аномалий силы тяжести или ее производных должна составлять не ниже $^1/_5$ минимальной величины локальных особенностей гравитационного поля, создаваемых искомыми объектами.

Вертикальный и горизонтальный масштабы отчетных материалов устанавливаются техническим проектом в зависимости от точности определения аномалий силы тяжести и густоты сети наблюдений с тем, чтобы обеспечивалась максимальная наглядность изображения элементов гравитационного поля.

§ 26. При проложении дополнительных, необходимых для количественных расчетов профилей, направленных вкрест простирания геологических структур или аномалий силы тяжести, точность определения последних устанавливается не менее чем вдвое выше точности определения аномалий Буге данной съемки. Густота сети наблюдений на таких профилях должна обеспечить величину изменения аномалий силы тяжести между двумя соседними точками, не превышающую трехкратной точности их определения.

## Съемка с гравиметрами

§ 27. Соотношение между сечением изоаномал отчетной карты, точностью определения аномалий силы тяжести, густотой сети точек наблюдений и масштабами отчетных карт и графиков при съемке с гравиметрами дано в табл. 1.

§ 28. Все съемки с гравиметрами выполняются отдельными рейсами. Каждый рейс представляет собой непрерывную последовательность наблюдений, объединенную общим учетом смещения нульпункта гравиметра (линейного или нелинейного). При нелинейном смещении нульпункта рейс разделяется на звенья, смещение нульпункта в каждом из которых учитывается как линейное.

§ 29. Гравиметрические съемки на территории СССР основываются на общегосударственной гравиметрической опоре, которой служит сеть основных гравиметрических точек СССР (классы А и I), привязанных к системе основных маятниковых точек Пулково — Москва — Казань — Полтава.

В случае необходимости производственные предприятия могут производить в районах проведения гравиметрических работ сгущение сети основных гравиметрических точек, разбивая дополнительную гравиметрическую опору II класса.

Примерная густота сети опорных точек II класса составляет 1 точку на 3000—10 000 *км*$^2$ (расстояние между точками 50—100 *км*), а точность определения приращения силы тяжести между ними должна быть не ниже $\pm 0{,}20$ *мгл*.

§ 30. При проведении гравиметрической съемки необходимо предварительно определить сеть полевых опорных точек, основным назначением которых является создание жесткой системы значений силы тяжести, исключающей накопление ошибок в массе наблюдений на площади съемки и служащей для более надежного переноса значений силы тяжести на рядовые пункты.

Опорные точки необходимы также для учета смещения нульпункта и контроля качества рядовых рейсов.

Сеть опорных точек создается в начале полевых работ, по возможности, для всей площади съемки. В отдельных случаях допускается создание опорной сети в два или три приема перед началом съемки на том или ином участке.

Точность определения силы тяжести на опорных точках должна быть по возможности в два, но не менее чем в полтора раза выше точности определения силы тяжести на рядовых точках. Это достигается применением более точного гравиметра, а в случае его отсутствия многократными наблюдениями с одним или несколькими гравиметрами и сокращением времени переездов. При создании сети опорных точек следует использовать наиболее быстрые и совершенные способы передвижения, желательно самолет или вертолет.

Таблица 1

| Сечение изоаномал, *мгл* | Масштаб отчетных карт и графиков | Точность определения аномалий в редукции Буге, *мгл* | Точность определения наблюденных значений силы тяжести, *мгл** | Густота сети | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | одна точка на число $км^2$ при площадной съемке | расстояние между точками наблюдений при профильной съемке, *м* |
| 10 | 1 : 2 500 000<br>1 : 1 000 000 | До ± 2,5 | До ± 0,3** | 150—400 | 5 000 – 10 000 |
| 5 | 1 : 1 000 000<br>1 : 500 000 | До ± 2,0 | До ± 0,3** | 25—100 | 2 500 – 5 000 |
| 2 | 1 : 200 000<br>1 : 100 000 | До ± 0,8 | До ± 0,5 | 4—10 | 1 000—2 000 |
| 1 | 1 : 100 000<br>1 : 50 000 | До ± 0,4 | До ± 0,3 | 1—4 | 500—1 000 |
| 0,5 | 1 : 50 000<br>1 : 25 000 | До ∓ 0,2 | До ± 0,15 | 0,2—1,0 | 200—500 |
| 0,2—0,25 | 1 : 10 000<br>1 : 5 000 | До ± 0,08—0,1 | До ± 0,06—0,08 | 0,02—0,1 | 50 – 150 |
| 0,1 | 1 : 5 000<br>1 : 2 000<br>1 : 1 000 | До ± 0,04 | До ± 0,03 | 0,002—0,01 | 20—50 |

* Приведенные ошибки не включают погрешность исходных опорных гравиметрических точек.

** Высокая точность определения наблюденных значений силы тяжести предусматривается в связи с использованием в дальнейшем точек этих съемок как опорных. При невозможности этого, оговоренной техническим проектом, точность наблюденных значений устанавливается для съемок сечением 10—1,0; 5—0,8 *мгл*.

Густота опорной сети определяется, исходя из необходимости обеспечения линейной интерполяции нульпункта гравиметров в последующих рядовых рейсах между двумя соседними опорными точками, замыкающими рядовые рейсы. Это требование определяет и характер расположения опорных точек на площади исследования.

Опорные точки надежно закрепляются на местности с обеспечением возможности повторения наблюдений на каждой из них в течение текущего полевого сезона и ближайших лет. На каждую опорную точку составляют кроки в масштабе 1 : 25 000 или 1 : 10 000 по форме, указанной в приложении 6.

Полевая опорная сеть должна быть привязана к опорным точкам более высокого класса, расположенным на исследуемой территории или вблизи от нее.

При создании опорной сети наблюдения ведут замкнутыми рейсами, образующими, как правило, систему замкнутых полигонов. Особое внимание при этом должно быть обращено на возможно более точный учет смещения нульпункта в рейсе с выявлением его нелинейности, что может быть достигнуто выполнением трехкратных наблюдений на 2—3 точках в рейсе, в том числе на начальной, или повторными наблюдениями на всех точках, выполненными в той же последовательности, как и первоначальные.

§ 31. При работе с гравиметрами в условиях, исключающих возможность предварительного создания сети опорных пунктов, или в случаях, когда разбивка ее является нерациональной (труднопроходимые горные и таежные районы, допускающие лишь вьючную или ручную транспортировку гравиметров), сеть опорных точек может заменяться: системой магистральных профилей, системой узловых точек.

Магистральные профили прокладываются, по возможности, ортогонально к системе основных съемочных профилей. Наблюдения на них производятся одновременно двумя гравиметрами по методике с повторением, чем достигается некоторое повышение точности определения магистральных точек по сравнению с рядовыми точками.

При проложении магистральных профилей между магистральными точками, расположенными в местах пересечения магистральных и рядовых профилей, могут наблюдаться рядовые точки, на которых при обратном ходе наблюдения не производятся.

Магистральные профили связываются между собой небольшим числом связующих профилей, отрабатываемых по той же методике. В результате образуется система замкнутых полигонов, подлежащая в дальнейшем уравниванию.

На магистральных профилях предпочтительны однодневные рейсы, однако в исключительных случаях могут допускаться рейсы продолжительностью до трех суток.

Система магистральных профилей привязывается к опорным точкам любого класса, имеющимся в районе съемки или специально для этого определенным.

Узловые точки представляют собой пересечение или смыкание трех и более рядовых рейсов. Они используются как опорные точки и уравниваются на основе материалов наблюдений в рядовых рейсах.

При предварительной обработке наблюдений в полевой период смещение нульпункта определяется по наблюдениям на одной и той же точке в начале и в конце рейса.

При окончательной обработке материалов в камеральный период более точный учет смещения нульпункта и увязка всех результатов наблюдений производится по уравненным значениям силы тяжести в узловых точках, принятых за опорные.

При проведении съемки по методу узловых точек необходимо выполнять следующие требования:

а) рейсы должны быть замкнутыми для получения предварительных данных о смещении нульпункта;

б) продолжительность рейса должна быть не более суток.

§ 32. Система магистральных профилей или узловых точек, как правило, должна быть уравнена по способу наименьших квадратов в любом из его вариантов.

§ 33. Наблюдения на рядовых точках производятся, как правило, по однократной методике, рейсами, базирующимися на трех любых опорных или магистральных точках, в частности, на одной и той же.

Смещение нульпункта при этом учитывается сопоставлением разностей значений силы тяжести между опорными точками, отнаблюденными в рядовом рейсе с разностью твердых значений силы тяжести на тех же опорных точках, следующим образом:

а) если результат наблюдений на промежуточной опорной точке отличается от хода нульпункта, выведенного по концевым опорным точкам, не более чем на удвоенную величину заданной точности определения наблюденных значений силы тяжести, то смещение нульпункта может считаться линейным и учитываться по начальной и концевой опорным точкам или по звеньям;

б) если это расхождение превышает удвоенную величину заданной точности определения наблюденных значений силы тяжести, то смещение нульпункта учитывается отдельно по каждому звену, заключенному между двумя смежными опорными точками. При этом, в зависимости от величины и степени нелинейности нульпункта гравиметра, следует сокращать промежуток времени между наблюдениями, увеличивая число промежуточных опорных точек.

§ 34. При отсутствии возможности создания сети опорных точек или магистральных профилей может быть применена методика наблюдений с повторением, при которой учет смеще-

ния нульпункта производится по повторным наблюдениям на некоторых точках рейса. Методика наблюдений с повторением является менее производительной и менее рентабельной, а поэтому применяется только в исключительных случаях, обоснованных проектом.

В случае применения методики с повторением, структура рейса должна обеспечить с достаточной степенью достоверности выявление характера смещения нульпункта. Предпочтительным является выполнение трехкратных наблюдений на некоторых точках рейса, в том числе на начальном, или выполнение двойного хода в одной и той же последовательности.

§ 35. Рядовые рейсы с гравиметрами должны строиться таким образом, чтобы, по возможности, избегать в течение рейса перегиба хода температуры, приводящего, как правило, к криволинейности смещения нульпункта и снижению точности наблюдений с гравиметрами. Поэтому рекомендуется проведение коротких рейсов в утренние и вечерние часы при монотонном изменении температуры внутри гравиметра.

§ 36. Увязка рядовых рейсов, базирующихся на опорных точках, исчерпывается введением поправки за нульпункт по наблюдениям на этих опорных точках.

Увязка рейсов, выполненных по методике с повторением, производится по уравненным значениям узловых точек.

§ 37. Гравиметр представляет собой высокоточный, весьма чувствительный прибор, нуждающийся в самом бережном обращении.

§ 38. Каждый гравиметр должен быть тщательно подготовлен к полевым работам. Подготовка гравиметра к полевым работам заключается в его регулировке, определении постоянных и испытании.

Регулировка гравиметра заключается в установке и настройке всех узлов прибора в положение, обеспечивающее оптимальный режим работы в ожидаемом диапазоне силы тяжести и температуры. Программа регулировки определяется конструктивными особенностями гравиметра. Гравиметр регулируют до начала полевого сезона в предприятии или на базе партии в стационарных условиях и повторяют регулировку в течение полевого сезона при нарушении начальной регулировки или при изменении условий работы.

§ 39. Эталонирование или определение постоянных гравиметра заключается в определении цены деления шкалы отсчетного устройства в *мгл*, определении температурного коэффициента и других постоянных в зависимости от типа применяемого гравиметра.

Каждая регулировка гравиметра, а также результаты его эталонирования должны быть зафиксированы в паспорте, которым снабжен гравиметр.

Цена деления шкалы отсчетного устройства гравиметра определяется: а) по наблюдениям на точках с надежно определенными значениями силы тяжести, при величине изменения силы тяжести между этими точками, максимально возможной для каждого прибора (без перестройки диапазона) и обеспечивающей определение цены деления с погрешностью не больше 0,2%; б) по наблюдениям при изменении наклона гравиметра на специальной эталонной плите (в исключительных случаях, при отсутствии эталонных точек).

При работах с гравиметрами необходимо обращать внимание на выявление степени нелинейности отсчетной шкалы микрометра для последующего учета ее при обработке наблюдений. Степень нелинейности отсчетной шкалы выявляется путем стационарных наблюдений на различных ее участках при изменении диапазона силы тяжести и температуры.

Температурный коэффициент определяется стационарными наблюдениями при различных температурах в пределах ожидаемого диапазона для района работ. Наблюдения производятся в термокамере, а в исключительных случаях в естественных условиях, при скорости изменения температуры, близкой к реально наблюдаемой в данных полевых условиях. Для гравиметров, снабженных электрическим термостатом, при отсутствии термокамеры, допустимо изменение температуры нарушением нагревного режима.

Отсчетные термометры как рабочие, так и запасные должны быть проверенными и иметь таблицы поправок.

Определение прочих параметров, специфических для разных типов гравиметров, предусматривается соответствующими руководствами.

Цена деления отсчетной шкалы и температурный коэффициент гравиметров должны быть определены до начала полевых работ и после их окончания (по возможности и в середине сезона), а также после каждого ремонта упругой системы. Для гравиметров с электрическим термостатом цена деления определяется после каждого изменения температуры термостатирования.

§ 40. После регулировки и определения постоянных производят испытание гравиметров в условиях, близких к полевым, по точкам с хорошо известными значениями силы тяжести.

Для этой цели предприятие, ведущее гравиразведочные работы, должно разбить эталонный профиль с максимально возможной разностью силы тяжести.

В результате испытаний должен быть получен материал, характеризующий смещение нульпункта, сходимость результатов наблюдений как внутри рейса, так и по независимым рейсам и по сравнению с твердыми значениями силы тяжести. По результатам испытаний определяют величину средней квадратической ошибки, являющейся основным критерием точности наблюде-

ний, и в зависимости от этого разрабатывают методику полевых наблюдений (продолжительность и структуру рейсов).

§ 41. При проведении полевых работ должны выполняться все требования руководств и наставлений по работе с гравиметрами соответствующих типов.

При работе с гравиметрами необходимо следить за величиной и характером смещения нульпункта под влиянием различных внешних условий (изменение температуры, тряска, отстойка вследствие перерыва в работе и др.), так как этим определяется методика работ с данным экземпляром гравиметра.

Необходимо также следить за своевременным арретированием и дезарретированием гравиметров и правильностью регулировки уровней.

Основным условием правильной эксплуатации гравиметров является соблюдение одинакового температурного режима в течение рейса. Наблюдения с гравиметрами в течение рейса или, в крайнем случае, отдельного звена рейса следует производить при монотонном изменении температуры. Гравиметр постоянно должен быть защищен от непосредственного нагрева солнечными лучами. В нерабочее время гравиметр должен находиться при температуре, возможно более близкой к температуре воздуха в период наблюдений. Не следует, например, в холодное время года вносить гравиметр на ночь в отапливаемое помещение.

Особое внимание должно быть уделено амортизации гравиметров при их транспортировке для предохранения от резких сотрясений и толчков. За перевозкой и переноской приборов должен следить оператор.

Наблюдения с гравиметрами в рейсе должны начинаться только после установления рабочего режима гравиметра, что проверяется повторным наблюдением на начальной точке рейса после выполнения 1—2 рядовых точек. Расхождения повторного и первичного наблюдения не должны превышать утроенной средней квадратической ошибки единичного наблюдения.

При работе с гравиметрами, снабженными электрическим термостатом, смену нагревных аккумуляторов следует производить не менее чем за 2 часа до начала рейса для обеспечения наилучшего режима работы термостата.

В полевых условиях оператору разрешается производить только те регулировки и устранения неисправностей, которые не связаны со вскрытием прибора. Операции, требующие вскрытия внутренних частей гравиметра, допускаются только в сухом и чистом помещении.

Порядок производства отсчетов на точке определяется руководствами и наставлениями по работе с теми или иными типами гравиметров. Отсчет следует производить через несколько минут после установки прибора с тем, чтобы дать системе время стабилизироваться.

При одновременном использовании в одном районе нескольких гравиметров необходимо выполнять взаимную проверку их работы путем многократных определений всеми гравиметрами приращения силы тяжести между двумя точками.

§ 42. Гравиметры, не находящиеся на полевых работах, должны храниться в сухом отапливаемом помещении. При транспортировке гравиметров на дальние расстояния необходимо принимать все меры предосторожности, исключающие возможность резких толчков и сотрясений приборов.

Необходимо систематически следить за состоянием гравиметров: не допускать их загрязнения, своевременно производить профилактический ремонт и регулировку, предохранять от попадания в них влаги.

## Съемка с вариометрами и градиентометрами

§ 43. Соотношение между сечением изоаномал отчетной карты, точностью определения производных, предельной невязкой интегрирования, густотой сети наблюдений и масштабом отчетных карт и графиков дано в табл. 2.

Таблица 2

| Сечение изоаномал, *мгл* | Масштаб отчетных карт и графиков | Для вариометров | | Для градиентометров | | Густота сети | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | точность определения аномального градиента $W_{xz}$ и $W_{yz}$, этвеш | предельная невязка интегрирования на 100 *м*, *мгл* | точность определения аномального градиента $W_{xz}$ и $W_{yz}$, этвеш | предельная невязка интегрирования на 100 *м*, *мгл* | одна точка на число *км²* при площадной съемке | расстояние между точками наблюдений при профильной съемке, *м* |
| 1 | 1 : 50 000<br>1 : 25 000 | ±4—5 | 0,05 | ±7—8 | 0,07 | 0,05—0,1 | 100—200 |
| 0,5 | 1 : 25 000<br>1 : 10 000 | ±3—4 | 0,04 | ±5—6 | 0,05 | 0,01—0,05 | 50—100 |
| 0,2—0,25 | 1 : 10 000 и крупнее | ±2—3 | 0,03 | — | — | 0,002—0,01 | 10—50 |

§ 44. При определении расположения точек наблюдений с вариометрами и градиентометрами расстояние между точками наблюдений устанавливается в зависимости от характера поля так, чтобы изменение градиента на этом расстоянии оставалось линейным в пределах точности наблюдений (см. табл. 2).

При необходимости составления карты изоаномал профили наблюдений с вариометрами и градиентометрами для увязки интегрирования по полигонам связываются между собой поперечными профилями с теми же расстояниями между точками наблюдений, что и на основных профилях. Поперечные профили располагаются на участках спокойного изменения гравитационного поля.

§ 45. Для определения уровня и увязки, полученных в результате интегрирования градиентов значений аномалий силы тяжести, необходимо базировать съемки с вариометрами или градиентометрами на опорные высокоточные гравиметровые точки с густотой, не превышающей 10 *км* по вариометрическому профилю, но не менее трех опорных точек на каждом участке площадной съемки и не менее одной опорной точки на каждый отдельный профиль.

§ 46. Выбор точек наблюдений при разбивке профиля производится с учетом следующих требований:

а) вокруг точки наблюдения в радиусе 20 *м* не должно быть уклонов больше 6°, а в радиусе 50 *м* — оврагов и возвышенностей, занимающих значительную площадь;

б) площадка в радиусе 2—3 *м* должна быть плоской (имеющиеся неровности необходимо выровнять до производства наблюдений с вариометром).

Если в запроектированном месте нельзя выбрать площадку для установки прибора, то точка наблюдения может быть перенесена по профилю на расстояние, не превышающее $^1/_2$ расстояния между точками, а в сторону от профиля — не свыше $^1/_3$ того же расстояния.

§ 47. В зависимости от возможности практического использования разностей кривизн могут быть приняты следующие системы наблюдений:

а) трех-, пятиазимутная, позволяющая определять градиенты и кривизны, т. е. все четыре производных ($W_{xz}$, $W_{yz}$, $2W_{xy}$, $W_{\Delta}$), при этом пятиазимутные точки должны распределяться равномерно между трехазимутными и составлять 20—50% от общего числа наблюдений;

б) четырехазимутная, позволяющая определять только градиенты, т. е. две производных ($W_{xz}$, $W_{yz}$), причем эти производные определяются независимо по каждому из коромысел.

Выбор той или иной системы наблюдений необходимо обосновывать в проекте. В случаях, когда для решения поставленных геологических задач представляется необходимым определение «кривизн», следует предусматривать проектом трех- и пятиазимутную систему наблюдений или четырехазимутную с ориентировкой под 45° к координатной системе, позволяющую путем пересчета получать три производных $W_{xz}$, $W_{yz}$, $W_{\Delta}$ независимо по каждому из коромысел.

§ 48. Наблюдения с вариометрами и градиентометрами ведутся в специальных будках. В процессе наблюдений необходимо следить за правильной ориентировкой прибора, своевременным арретированием и дезарретированием, правильным положением азимутальных штифтов, своевременностью проявления (на точке следует проявлять пластинку, снятую на предыдущей точке) и сохранностью фотопластинки. После проявления пластинки оператор обязан произвести анализ полученной на ней записи в соответствии с § 64 и в случае брака сразу же поставить повторное наблюдение.

§ 49. Каждый гравитационный вариометр следует тщательно подготовлять к полевым работам. Подготовка вариометра заключается в его регулировке и испытаниях в лаборатории.

Регулировка вариометров производится с целью:

а) уменьшения температурных влияний на прибор. Вариометр считается пригодным к полевой работе, если расхождения между коромыслами при температурном градиенте 2—3° в час не превышают для прибора Z=40 7 этвеш по градиентам и 10 этвеш по кривизнам, а для приборов S-20 и ВГ-1, соответственно, 9 этвеш по градиентам и 12 этвеш по кривизнам. Этот вид регулировки производится в лаборатории с оборудованной термокамерой;

б) размещения фотозаписи на пластинке таким образом, чтобы при наибольшем разбросе точек записи они не попадали за пределы пластинки и не накладывались на запись «постоянных»;

в) получения четкой фотозаписи (точки на пластинке должны иметь диаметр не более 0,1—0,2 *мм*).

Запасные нити для вариометров должны быть испытаны в лаборатории на раскручивание в течение 10 суток. Смещение нульпункта нитей за сутки не должно превышать 1—2 *мм*.

§ 50. Транспортировка аппаратуры должна производиться в условиях, исключающих возможность нарушения регулировки прибора. При далеких перевозках прибор должен быть тщательно упакован. Верхнюю и среднюю части вариометра рекомендуется перевозить при себе. Перевозку вариометров в процессе работ следует осуществлять на мягкой подстилке; при пересечении опасных, в смысле тряски, участков дороги верхнюю часть прибора необходимо переносить на руках.

§ 51. Обязательными условиями нормальной и высококачественной работы вариометра являются:

а) максимальная осторожность в обращении с прибором, предохранение его от тряски, толчков, резких изменений температуры, пыли и сырости;

б) содержание прибора в надлежащей чистоте, регулярная тщательная чистка внешних частей вариометра, ежемесячный профилактический ремонт.

§ 52. Перед выпуском прибора в поле необходимо его проверить на контрольной точке вблизи базы партии. На этой же точке производятся все испытания прибора после каждой регулировки.

Регулировка крутильных систем, оптического узла и часовых механизмов может производиться только вполне квалифицированными специалистами (начальник партии, техрук, начальник отряда). Более мелкие операции (фокусировка лампочек, восстановление нарушений проводки и т. п.) могут производиться техником-оператором.

Регулировка, связанная с открыванием внутренних частей прибора (коробок рычага, крутильных нитей), производится на базе партии в чистом и светлом помещении, в условиях, исключающих оседание пыли на внутренних частях прибора.

После замены нити вариометр регулируется и испытывается в соответствии с требованиями настоящей инструкции. При смене нити все коэффициенты прибора должны быть вычислены заново.

При подготовке вариометра к работе в зимних условиях контактный и ведущий механизмы прибора очищают от смазок и промывают спиртом или чистым бензином. Рекомендуется смазка механизмов маслом, не замерзающим при низких температурах.

## Требования к топографо-геодезическому обоснованию и закреплению гравиметрических точек

§ 53. Топографо-геодезические работы при гравиметрических съемках заключаются в следующем:

а) разбивка профилей и точек наблюдений с гравиметрами и вариометрами в соответствии с техническим проектом и результатами рекогносцировки района;

б) определение координат и высот гравиметрических точек;

в) нивелировка поверхности вокруг точки наблюдения с вариометром и градиентометром для учета влияния рельефа местности;

г) закрепление точек наблюдений с вариометрами и гравиметрами соответствующими знаками.

Топографо-геодезические работы производятся в соответствии с инструкцией по топографо-геодезическим работам в геофизических партиях. Гидрографические и радиогеодезические работы в морских гравиметрических партиях проводятся на основе наставлений по соответствующим видам работ.

§ 54. При гравиметровой съемке в зависимости от предусматриваемой точности определения аномалий силы тяжести в редукции Буге устанавливаются следующие максимально допустимые ошибки определения координат и средние квадратиче-

ские ошибки определения высот гравиметровых точек (см. табл. 3).

Таблица 3

| Точность определения аномалий, *мгл* | Масштаб отчетной карты | Предельные ошибки определения координат, *м* | Точность определения высот, *м* |
|---|---|---|---|
| До ± 2,5 | 1 : 2 500 000<br>1 : 1 000 000 | 600<br>600 | До ± 10,0 |
| До ± 2,0 | 1 : 1 000 000<br>1 : 500 000 | 600 | До ± 5,0 |
| До ± 0,8 | 1 : 200 000<br>1 : 100 000 | 240<br>120 | До ± 2,5 |
| До ± 0,4 | 1 : 100 000<br>1 : 50 000 | 120<br>60 | До ± 1,0 |
| До ± 0,2 | 1 : 50 000<br>1 : 25 000 | 60<br>30 | До ± 0,5 |
| До ± 0,08 – 0,1 | 1 : 10 000<br>1 : 5 000 | 12<br>6 | До ± 0,3 – 0,25 |
| До ± 0,04 | 1 : 5 000<br>1 : 2 000<br>1 : 1 000 | 6<br>2,4<br>1,2 | До ± 0,15 |

Примечания: 1. Предельная ошибка соответствует утроенной средней квадратической ошибке.

2. При работе в северных, необжитых районах предельная ошибка определения координат для двухмиллигальных съемок (масштаб 1 : 200 000 и 1 : 100 000) увеличивается до 400 *м*.

§ 55. Для обеспечения требуемой точности определения координат и высот гравиметровых точек выбирается соответствующая методика топографо-геодезических работ.

§ 56. При вариометрической съемке нивелировка местности вокруг точки наблюдения с вариометром должна производиться в радиусе от 18 до 100 *м* по четырем или восьми лучам в зависимости от сложности рельефа и точности его учета, предусмотренной проектом. При определении только градиентов учет влияния рельефа при ровной местности можно ограничить радиусом 18 *м*, а при определении кривизны учет влияния рельефа, как правило, следует производить до радиуса 50 или 100 *м*.

Отметки нивелировки вдоль каждого луча берутся, как правило, на расстояниях 1,2—2,0—3,0—4,5—6,0—10,0—18,0—50,0 *м* от центра.

За начальное направление (первый луч) принимается направление ориентировки вариометра. Последующие лучи задаются по ходу часовой стрелки.

В начале и в конце нивелировки точки, а в случае слабого грунта в начале и в конце нивелировки каждого луча, берется отметка центра — точки стояния вариометра.

Отсчеты по рейке округляются до 1 *см*. Ошибка измерения расстояния не должна превышать 2% от общего расстояния.

Превышения в пределах радиуса 1,2 *м* допустимы не более 1/20 расстояния, т. е. 6 *см*. Ошибка измерения горизонтальных углов при разбивке лучей нивелировки не должна превышать 1°.

§ 57. Контрольные нивелировки производятся для оценки качества нивелировок в объеме не менее 5% от общего количества точек, причем контроль не может быть поручен лицу, производившему основную нивелировку.

Результаты контрольной нивелировки считаются удовлетворительными, если расхождения топографических поправок между контрольными нивелировками не превышают 6 этвеш для градиентов и 8 этвеш для кривизн. В противном случае результаты нивелировки считаются браком и производятся дополнительные контрольные нивелировки для 7—10 точек, расположенных между данной точкой и ближайшими контрольными.

В случае наличия недопустимых расхождений для 20% и более от общего числа контрольных нивелировок, нивелировка всех точек данной группы считается браком.

При приемке работы от исполнителя нивелировка бракуется, если превышения на первом метре больше 6 *см*, перепутана запись лучей и расстояний, а также в случае необоснованных исправлений, неразборчивой или неполной записи в журнале нивелировок.

§ 58. Закрепление точек наблюдений с гравиметрами и вариометрами производится следующим образом:

а) опорная гравиметрическая точка закрепляется на местности столбом или трубой с кольцевой окопкой и надписью на них номера точки, года производства работ и организации, установившей опорную точку; в случае совмещения опорной точки с постоянным предметом местности можно ограничиться соответствующей надписью на нем. При выполнении работ по закреплению должна быть учтена необходимость сохранения знака в течение 5—10 лет;

б) рядовая гравиметрическая точка и точка наблюдения с вариометром закрепляются деревянным колышком или надписью на постоянном предмете местности с сохранением этого обозначения в течение всего полевого сезона для возможных контрольных измерений.

### Технический контроль и оценка работ

§ 59. Оперативный технический контроль полевых гравиметрических работ и качества их материалов, осуществляемый работниками вышестоящих организаций, заключается в про-

верке выполнения требований настоящей инструкции и других руководств и инструктивных материалов, преимущественно в части соблюдения требований относительно точности работ и рационального размещения точек наблюдений с учетом результатов, полученных в процессе проведения полевых работ.

Проверке подлежит также соблюдение партией предусмотренной методики наблюдений и рациональное использование имеющихся средств для разрешения поставленных геологических задач.

§ 60. Соблюдение оператором правил эксплуатации и оптимального режима прибора контролируется начальником партии или техруком, проверяется контрольными наблюдениями и приемкой материалов каждого рейса (дня) по его выполнении начальником партии, техруком или инженером-интерпретатором. Начальник партии или техрук должны систематически, не реже одного раза в неделю, посещать приборный отряд.

Текущая приемка полевых материалов документируется записью в регистрационном журнале. Результаты полевой проверки работы отряда записываются инспектирующим в полевом журнале с соответствующей пометкой в регистрационном журнале.

§ 61. При приемке полевых материалов в гравиметровой партии оценка каждого рейса с гравиметром производится по следующим признакам:

а) рейс или его звено признается качественным при наличии в нем предельно допустимых сходящихся независимых контрольных наблюдений или в случае, когда промежуточные опорные точки не используются для учета смещения нульпункта, а служат только для контроля его линейности и удовлетворяют соответствующим условиям (см. § 33, а);

б) рейс или его звено считается сомнительным и требующим дополнительного контроля в случае полного отсутствия контрольных наблюдений при нелинейном (см. § 33, б) смещении нульпункта, а также при расхождении одного или нескольких контрольных наблюдений сверх допустимых пределов;

в) рейс или его звено бракуется, если повторным контролем подтверждено расхождение наблюденных значений на ряде точек рейса, а также во всех случаях нарушения нормального режима работы гравиметра.

§ 62. Предварительная оценка качества опорной сети, образующей систему полигонов, производится по их невязкам. Допустимая невязка полигона определяется по формуле:

$$W_{доп} = \pm 2\varepsilon \sqrt{\frac{K}{f}},$$

где $\varepsilon$ — средняя квадратическая ошибка единичного наблюдения;

$K$ — число приращений силы тяжести между последовательными опорными точками (число сторон полигона);

$f$ — среднее, для данного полигона, число независимых определений приращения силы тяжести между двумя смежными точками.

Оценка точности определения силы тяжести на опорной точке относительно опорной сети более высокого класса производится после уравнивания. Средняя квадратическая ошибка приращения силы тяжести, вес которой принят при уравнивании за единицу (ошибка единицы веса), вычисляется по формуле:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\Sigma p \delta^2}{S - r}},$$

где $\delta$ — суммарные поправки звеньев полигона или отклонения значений силы тяжести, выведенных для узловых точек по отдельным звеньям, от соответствующих уравненных значений;

$S$ — число всех звеньев уравниваемой опорной сети (связей между опорными точками);

$r$ — число определяемых опорных или узловых точек (не считая «твердых точек» и исходной точки);

$p$ — вес каждого приращения ($\Delta g$).

Средняя квадратическая ошибка определения $\Delta g$ по всей опорной сети вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_m = \pm \frac{\mu}{\sqrt{p_m}},$$

где $p_m$ — среднее из весов всех звеньев опорной сети.

Среднее значение средней квадратической ошибки значения силы тяжести ($g$) на опорных точках вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_g = \pm \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{2}}.$$

Эта последняя ошибка служит основным критерием оценки качества опорной сети.

§ 63. Средняя квадратическая ошибка определения аномалий силы тяжести гравиметром вычисляется по формуле:

$$\varepsilon_a = \pm \sqrt{\varepsilon^2_{\text{набл}} + \varepsilon^2_{\text{оп}} + \varepsilon^2_{н} + \varepsilon^2_{к}},$$

где $\varepsilon_{\text{набл}}$ — средняя квадратическая ошибка наблюдения силы тяжести;

$\varepsilon_{\text{оп}}$ — средняя квадратическая ошибка привязки местной опоры к исходным опорным точкам;

$\varepsilon_{н}$ — средняя квадратическая ошибка, зависящая от ошибки определения высот;

$\varepsilon_{к}$ — средняя квадратическая ошибка, зависящая от ошибки определения координат.

§ 64. При приемке полевых материалов в вариометрической партии оценка и отбраковка наблюдений выполняется в два этапа.

При приемке пластинок у наблюдателя производится их отбраковка в следующих случаях:

а) при наличии прилипаний к стенкам прибора или неуспокоений (свыше 1 деления палетки) крутильных систем, не позволяющих вычислить вторые производные потенциала;

б) при плохой нивелировке прибора, когда вертикальные расстояния между бликами более чем в 1,5 раза отличаются от своей нормальной величины;

в) при плохом проявлении и нечеткой записи бликов (запись двух пунктов на одном и том же месте пластинки, расположение бликов на одной горизонтальной линии);

г) в случае, если пластинка разбита и трещина на ней разделяет фотозапись;

д) при несоответствии записи на пластинке с записью в полевом журнале.

Окончательная полевая оценка и отбраковка наблюдений производятся на основании сходимости наблюдений по рычагам после вычисления вторых производных по табл. 4.

Таблица 4

| Тип прибора | Допустимые расхождения, этвеш | | Оценка наблюдения |
|---|---|---|---|
| | для градиентов | для кривизн | |
| E=54<br>Z=40<br>S=20, ВГ=1 | До 2<br>0—5<br>0—7 | До 4<br>0—7<br>0—9 | Отлично |
| E=54<br>Z=40<br>S=20, ВГ=1 | До 3<br>6—7<br>8—9 | До 6<br>8—10<br>10—11 | Хорошо |
| E=54<br>Z=40<br>S=20, ВГ=1 | До 4<br>8—10<br>10—12 | До 8<br>11—16<br>12—18 | Удовлетворительно |

Наблюдения, имеющие расхождения свыше предельных допусков, бракуются.

Распределение расхождений по всем наблюдениям должно быть таково, чтобы максимальная средняя квадратическая ошибка, вычисляемая по всем расхождениям, удовлетворяла требованиям табл. 2.

Оценка качества наблюдений в трехазимутном цикле ведется по оценке замыкающих наблюдений в пятиазимутных циклах. Группа наблюдений в трехазимутном цикле проверяется в случае неполной записи наблюдений или плохой сходимости на одной из замыкающих точек.

§ 65. Погрешность определения аномальных значений производных потенциала силы тяжести вариометром зависит от погрешности наблюдений и погрешности определения поправок за влияние рельефа. Она определяется величиной средней квадратической ошибки:

$$\varepsilon_a = \pm\sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2},$$

где $\varepsilon_1$ — средняя квадратическая ошибка наблюдений с вариометром;

$\varepsilon_2$ — средняя квадратическая ошибка определения влияния рельефа.

§ 66. Основным критерием оценки качества наблюдений с гравиметром (вариометром) служит средняя квадратическая ошибка единичного наблюдения, вычисляемая на основе сходимости независимых контрольных наблюдений по формуле:

$$\varepsilon = \pm\sqrt{\frac{\Sigma\delta^2}{m-n}},$$

где $\delta$ — отклонение от среднего значения;

$m$ — число наблюдений;

$n$ — число контрольных точек.

В случае двойных измерений, т. е. при повторных наблюдениях на всех точках или же при одновременных наблюдениях с двумя гравиметрами, применяется формула:

$$\varepsilon = \pm\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{2d}},$$

где $v$ — разности между первичными и повторными наблюдениями или же между наблюденными значениями по обоим приборам;

$d$ — число разностей.

При гравиметровой съемке средняя квадратическая ошибка вычисляется на основании всех контрольных наблюдений, за исключением входящих в рейсы или их звенья, забракованные по другим причинам.

В случае расхождений результатов контрольного и первичного наблюдения с гравиметрами на величину, превышающую утроенное значение средней квадратической ошибки единичного наблюдения, следует произвести третье наблюдение на этом пункте и проконтролировать звенья обоих рейсов (первичного и контрольного), к которым относится «расходящаяся» точка. Сохраняется звено рейса, сходящегося с третьим наблюдением и дополнительным контролем, звено другого рейса бракуется. Если третьего наблюдения и дополнительного контроля не произведено, необ-

ходимо браковать звенья обоих рейсов. Если же на других участках этих звеньев имеются сходящиеся контрольные наблюдения, тогда бракуются только отдельные точки с расходящимися наблюдениями.

При вариометрической съемке контрольное наблюдение обязательно должно быть полноценным, двухрычажным. Для оценки качества контрольных наблюдений пользуются приведенной выше шкалой оценки сходимости по рычагам (табл. 4).

§ 67. При многократных наблюдениях на каждой точке точность результативного определения силы тяжести или производных ее потенциала вычисляется по формуле:

$$\sigma = \pm \frac{\varepsilon}{\sqrt{m}},$$

где $\sigma$ — средняя квадратическая ошибка результата;
$m$ — число независимых наблюдений на данной точке;
$\varepsilon$ — средняя квадратическая ошибка единичного наблюдения.

§ 68. При сравнении результатов наблюдений с гравиметрами или интегрирования градиентов с твердыми значениями силы тяжести (на опорных точках) точность единичного наблюдения определяется по формуле:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{m}},$$

где $\Delta$ — отклонение от твердого значения;
$m$ — количество наблюдений.

§ 69. Количество независимых контрольных наблюдений, выполняемых для контроля за качеством работ и оценки точности съемки, устанавливается техническим проектом в пределах от 5 до 15% от общего числа точек, но не менее 50 наблюдений. При увеличении общего объема работ, выполненного одним прибором, процент контрольных наблюдений обычно уменьшается.

Контрольные наблюдения распределяются по определенной системе во времени и, по возможности, равномерно по площади съемки.

Способы контроля могут быть следующие:

а) включение в каждый последующий рейс (день работы с прибором) одной или нескольких контрольных точек из предыдущих рейсов;

б) выполнение специальных контрольных рейсов;

в) совместная работа несколькими приборами.

§ 70. Для оценки качества съемки в целом и достоверности отчетной карты изоаномал силы тяжести возможно использование так называемой ошибки интерполяции, которая рассчитывается по формуле:

$$E = \pm \sqrt{\frac{\Sigma (\Delta g_{набл} - \Delta g_{интерп})^2}{n-1}},$$

где $\Delta g_{набл}$ — наблюденная в данной точке аномалия;
$\Delta g_{интерп}$ — значение аномалии в той же точке, интерполированное с результативной карты;
$n$ — число точек, по которым производилось сравнение на основании специальных контрольных профилей, выполняемых после составления окончательных карт по маршрутам на участках, заслуживающих проверки по характеру установленного гравитационного поля.

Составленная карта признается доброкачественной, если величина ошибки интерполяции не превышает принятого сечения изоаномал. В противном случае, при соблюдении остальных критериев кондиционность карты является пониженной и устанавливается необходимость пополнения съемки дополнительными наблюдениями.

Подобные проверки и последующие дополнительные съемки целесообразно производить только на площадях, перспективных в геологическом отношении, на которых получены положительные результаты гравиметрических исследований и намечается дальнейшее развитие геологоразведочных работ.

§ 71. Окончательная оценка полевых материалов производится в процессе их приемки, которая выполняется по окончании полевых работ специальной комиссией, назначенной руководством предприятия.

Оценка полевых материалов (раздельно гравиметрических и топографо-геодезических) дается по четырехбалльной системе. Критерии оценки устанавливаются следующие:

а) отличная оценка присваивается работе и материалам при существенном расширении круга или характера решаемых геологических задач в результате технико-методической рационализации, при соблюдении установленных допусков точности, рациональной густоты сети, сроков и стоимости работ, при отличном оформлении материалов;

б) хорошая оценка присваивается работе и материалам при сокращении сроков или перевыполнении объема работ, при соблюдении установленных допусков точности, рациональной густоты сети и стоимости работ (на единицу объема), при хорошем оформлении материалов;

в) удовлетворительная оценка присваивается работе и материалам при выполнении объема и соблюдении требований инструкции и проекта и при удовлетворительном оформлении материалов с несущественными отступлениями.

ЧАСТЬ III

# КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА, ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ОТЧЕТНОСТЬ

## Камеральная обработка

§ 72. Текущая обработка результатов наблюдений с гравиметрами и вариометрами должна обеспечивать непрерывный контроль качества работы и рациональное планирование точек наблюдений. Обработка выполняется в процессе полевых работ систематически «в две руки» с последующей сверкой, без отставания от общего темпа работ.

Вычисления ведутся по формам, прилагаемым к настоящей инструкции (приложение 5), и в соответствии с руководствами и наставлениями по работе с различными типами гравиметров и вариометров.

§ 73. Текущая обработка результатов наблюдений с гравиметрами заключается в обработке наблюдений, выполняемых в опорных и рядовых рейсах, уравнивании опорных сетей, вычислении наблюденных значений силы тяжести и аномалий силы тяжести.

При вычислении аномалий силы тяжести нормальное ее значение учитывается по формуле Гельмерта (1901—1909 гг.).

Основной редукцией, обязательной для составления карты аномалий силы тяжести, является редукция Буге.

Поправка Буге вычисляется по формуле:

$$\Delta'' g = (0{,}3086 - 0{,}0419\,\sigma) H,$$

где $\sigma$ — средняя плотность промежуточного слоя, *г/см*$^3$;

$H$ — высота точки наблюдения с гравиметром над уровнем моря, *м*. (Вычисление поправки Буге для точек, находящихся ниже уровня моря или на уровне моря, дается в приложении 1).

В целях сведения всех гравиметрических съемок в единую систему, плотность промежуточного слоя при вычислении редукции Буге для составления отчетной карты должна приниматься равной 2,3 *г/см*$^3$.

В тех случаях, когда в исследуемом районе средняя плотность пород между дневной поверхностью и уровнем наиболее низкой точки рельефа существенно отличается от общепринятой плотности 2,3 *г/см*$^3$, может дополнительно составляться карта при фактической плотности промежуточного слоя, с целью отражения локальных особенностей гравитационного поля, связанных с наличием локальных геологических структур, рудных тел и других искомых объектов.

При наблюдениях с гравиметрами в горных и предгорных районах с сильно пересеченным рельефом местности необходимо вводить поправку за влияние рельефа. Рекомендуется вычислять эту поправку при помощи круговой палетки, составляемой по формуле притяжения цилиндрического слоя или соответствующих таблиц, используя топографические карты с горизонталями, масштаба 1 : 5 000, 1 : 10 000, 1 : 25 000 или 1 : 50 000 в зависимости от сложности рельефа.

Для проверки необходимости введения поправки за влияние рельефа выбирают несколько точек в наиболее сложных условиях рельефа и для них вычисляют поправку в радиусе до 10 *км*. Если поправки за влияние рельефа местности превышают установленную точность определения аномалий силы тяжести, введение поправки обязательно.

При проведении съемок полумиллигального и более мелкого сечения (точность определения аномалий Буге $\pm$0,2 *мгл* и выше) следует учитывать влияние лунно-солнечного притяжения, вводя соответствующие поправки с помощью специальных таблиц и номограмм.

Завершающим этапом полевой обработки материалов гравиметровой съемки является построение карты изоаномал силы тяжести и графиков аномалий $\Delta g$ по профилям, ведущееся систематически по мере накопления материала.

§ 74. Текущая обработка результатов наблюдений с вариометрами заключается в измерении пластинок и вычислении вторых производных.

Измерения пластинок производятся при помощи стеклянной палетки с делениями через 0,5 *мм* с точностью до 0,2 деления палетки.

Вычисления вторых производных и топографических поправок производятся с точностью до 0,1 этвеша.

В наблюденные значения вторых производных вводится поправка за действие нормального поля и топографическая поправка. Аномальные значения градиентов и кривизн наносятся на план расположения точками.

§ 75. Окончательная обработка материалов выполняется после завершения полевых работ в камеральный период.

В течение камерального периода, по результатам наблюдений с гравиметрами, должна быть составлена карта изоаномал силы тяжести с нанесенными на ней точками наблюдений и

выписанными значениями аномалий Буге, а также отдельные каталоги опорных и рядовых гравиметровых точек (аномалии Буге).

В случае профильной съемки составляются графики $\Delta g$ по профилям и каталоги.

§ 76. При окончательной обработке результатов наблюдений с вариометрами производится интегрирование градиентов силы тяжести и построение карты изоаномал, а также графиков аномалий силы тяжести и ее градиента. Построение карты изоаномал является обязательным за исключением особо оговоренных участков с резкими и незакономерными изменениями гравитационного поля.

При составлении карты изоаномал способ интегрирования выбирается в зависимости от системы съемки и от характера гравитационного поля (метод треугольников, способ линейных полигонов или их сочетание). При профильной съемке интегрирование ведется по профилям. Опорой для интегрирования векторов являются точки наблюдений с гравиметрами.

Допустимые невязки при интегрировании не должны превышать величин, подсчитанных по формуле

$$\delta g = \pm \frac{\varepsilon L}{\sqrt{2n}},$$

где $\varepsilon$ — средняя погрешность определения аномального градиента;

$L$ — периметр контура, *см*;

$n$ — число точек данного контура.

При наличии резко меняющегося в пределах исследуемого участка дневного рельефа следует вводить картографическую поправку, вычисленную с помощью палеток и карт масштаба 1 : 10 000, 1 : 25 000 или 1 : 50 000 в зависимости от сложности рельефа.

В результате вариометрических работ составляется общая карта векторов градиента и изоаномал силы тяжести с нанесенными на нее точками наблюдений. При решении задач рудной геологии основной картой является план векторов градиента силы тяжести с кривыми $W_{xz}$ и $W_{\Delta}$ вдоль профилей наблюдений. *Масштаб векторов и кривых проекций градиента* выбирается в зависимости от интенсивности гравитационного поля. Наиболее употребительными масштабами для рудных объектов являются: для векторов—20, 50 или 100 этвеш в 1 *см*, для кривых проекций градиента—10, 20 или 50 этвеш в 1 *см*.

§ 77. Кроме составления карты изоаномал, в камеральный период производится геологическая интерпретация результатов гравиметрических работ, составляются соответствующие результативные карты (схемы тектоники, карты глубин и др.) и окончательный технический отчет о работе партии.

## Интерпретация гравиметрических материалов

§ 78. Геологическая интерпретация результатов гравиразведки подразделяется на качественную и количественную.

Под качественной интерпретацией понимается выяснение соотношений между гравитационными аномалиями и геологическим строением исследуемого района. Качественная интерпретация основывается на сопоставлении результатов гравиразведки с результатами других геофизических методов, геологической съемки и бурения.

Под количественной интерпретацией понимаются расчеты для определения аномальных масс, элементов залегания возмущающих тел или совместного определения их с одновременной оценкой плотности пород.

По результатам расчетов составляются схематические геолого-геофизические разрезы вдоль определенных направлений, структурные карты поверхности раздела сред с разной плотностью, схемы геологического строения и разрабатываются рекомендации для проектирования разведочного бурения или применения других количественных геофизических методов.

§ 79. Для выявления гравитационного влияния локальных геологических образований, расположенных в верхних слоях земной коры, рекомендуется проводить разделение наблюденного аномального поля с выделением региональных и локальных составляющих.

В настоящее время наиболее распространены следующие методы выделения локальных гравитационных факторов:

а) осреднение аномального поля;

б) вычисление высших производных по вертикали и горизонтали;

в) аналитическое продолжение в верхнее и нижнее полупространства;

г) способы, основанные на гармоническом анализе, и т. п.

Вычисление высших производных, пересчет в нижнее полупространство рекомендуется применять только при достаточной детальности и точности результативных материалов (при сечении карт от 0,1 до 1 *мгл*).

Расчет радиусов палеток, применяемых при этих методах, должен проводиться в соответствии с точностью съемки и геологическими условиями района.

При проведении интерпретационных расчетов целесообразно применять автоматические счетно-решающие устройства и быстродействующие электронные счетные машины.

§ 80. Результаты вариометрической съемки, как правило, доводятся до стадии количественной интерпретации, которую можно производить при помощи альбома теоретических кривых или методом подбора с помощью палеток.

По данным количественной интерпретации вариометрической съемки могут быть построены схематические карты (пластовые, прогнозные местоположения рудных тел, сводные планы теоретических разрезов по профилям) и расчетные разрезы по отдельным профилям.

### Техническая отчетность

§ 81. Периодическая техническая отчетность представляется в сроки и по форме, установленные вышестоящей организацией.

В этих отчетах должны быть освещены вопросы выполнения плана, дано описание методики работ и основных геологических результатов, полученных партией за отчетный период. К отчету прилагаются графические приложения, являющиеся результатом предварительной обработки и интерпретации полевых материалов.

§ 82. Окончательный отчет составляется по завершении всего цикла работ гравиметрической партии.

В окончательном отчете должны быть сформулированы решавшиеся партией задачи, дано геолого-геофизическое описание района по материалам наиболее новых и полных исследований, изложена методика и техника выполненных работ, приведены сведения о применявшейся аппаратуре и исчерпывающая характеристика качества работ, точности съемки. В отчете приводится ссылка на исходные данные для привязки съемки к единой гравиметрической опоре СССР и указывается точность этой привязки.

Наиболее подробно в отчете излагаются геолого-геофизические результаты работ и на основе их соответствующие выводы и рекомендации.

К отчету должны быть приложены:

а) акт приемки полевых материалов;

б) каталог опорных и узловых гравиметрических точек;

в) материалы, характеризующие сходимость контрольных наблюдений и нивелировок;

г) материалы, иллюстрирующие характер смещения нуль-пункта и способы его учета;

д) рецензии на отчет от соответствующих специалистов;

е) протокол технического совещания по защите отчета.

Отчет должен содержать следующие графические приложения:

а) обзорная карта района работ на фоне карты изученности;

б) геологическая карта района (желательно в масштабе результативных геофизических карт);

в) сводный геолого-геофизический разрез района работ с выделением основных границ раздела плотностей;

г) карта изоаномал силы тяжести с нанесенными на нее точками наблюдений, векторами градиента силы тяжести, раз-

ностями кривизн (при вариометрической съемке) и выписанными значениями аномалий Буге (при гравиметровой съемке) в масштабе, установленном проектом;

д) геолого-структурные схемы, построенные в результате совместной обработки данных геофизических и геологоразведочных работ, например: тектоническая схема района работ, построенная в результате интерпретации полученных материалов; результативная карта с контурами пластов или рудных тел и с кривыми $W_{xz}$ и $W_{\Delta}$ (для вариометрической съемки); разрезы по отдельным профилям, полученные в результате количественных расчетов, или карты глубин;

е) кроки опорных и узловых гравиметрических точек;

ж) схема геодезического обоснования.

Примечания: 1. Каталог рядовых гравиметрических точек в 2 экземплярах хранится в фондах предприятия, проводившего данные работы, и в 1 экземпляре направляется в ВГФ вместе с отчетом.

2. При масштабе отчетной карты 1:200 000 она должна составляться и оформляться по листам международной разграфки, в соответствии с техническими условиями на составление и издание этого вида карт (см. приложение 8).

*ПРИЛОЖЕНИЕ I*

## ТРЕБОВАНИЯ К МОРСКИМ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ РАБОТАМ

1. Морские гравиметрические работы для мелководных участков морей (до 5 *м*) выполняются сухопутными гравиметрами с дополнительным затуханием упругих систем, устанавливаемыми над водою на штативах, опущенных на дно, а для более глубоководных участков (от 5 до 150—200 *м*) — донными гравиметрами. Для участков с глубинами более 150—200 *м* гравиметрические работы проводятся с набортными гравиметрами на подводных лодках.

Методика морских наблюдений в принципе не отличается от методики работ на суше. При работе на мелководных участках, как правило, выставляется сеть опорных точек, закрепляемых постановкой на них штативов на все время работ. При работах с донными гравиметрами сеть опорных точек заменяется системой узловых точек, закрепляемых временными знаками (при глубинах до 50 *м*) или совмещаемых с закрепленными точками на акватории (маяками, буями, морскими буровыми скважинами и т. п.). При глубинах больше 50 *м* положение узловых точек устанавливается определением координат радиогеодезическим методом.

Если по условиям погоды невозможно выполнить рейс по установленной методике, то в последующих рейсах необходимо концевые точки данного рейса превратить в узловые.

2. Каждое наблюдение с донным гравиметром состоит из нескольких серий отсчетов, между которыми производятся подъем и опускание гравиметра и, если нужно, промежуточное арретирование прибора. Расхождения между отсчетами не должны превышать средней квадратической ошибки единичного наблюдения.

3. В случаях невозможности точного совмещения мест повторных и первичных наблюдений при работах с донными гравиметрами, контрольные (повторные) наблюдения для определения средней квадратической ошибки единичного измерения не производятся.

Контроль качества рейсов в этих случаях осуществляется по величинам невязок в полигонах; предельная допустимая невязка полигона устанавливается равной $\varepsilon\sqrt{2n}$, где $\varepsilon$ — проектная точность единичного наблюдения, $n$ — число сторон в полигоне (звеньев рейса между узловыми точками).

Окончательная оценка качества съемки производится по результатам независимых контрольных измерений (можно в специальных контрольных рейсах) путем сопоставления полученных в этих точках значений аномалий силы тяжести со значениями, интерполированными по карте изоаномал силы тяжести, построенной без учета контрольных рейсов.

Допустимое расхождение при этом не должно превышать 3 E, где E — средняя квадратическая ошибка определения аномалии силы тяжести, устанавливаемая проектом, исходя из сечения отчетной карты изоаномал (см. ч. I, табл. 1).

4. Привязка морской съемки к сухопутной производится путем выполнения связи по мелководной прибрежной полосе с применением гравиметроз, устанавливаемых на штативах. В случае невозможности проведения таких работ, следует обеспечить уверенное смыкание изоаномал результативных карт морской и сухопутной съемок путем расположения достаточного количества морских точек на возможно более близком расстоянии от берега, вдоль всей границы морской и сухопутной съемок.

Если судно, на котором производится съемка с донным гравиметром, имеет возможность подойти непосредственно к берегу, связь с сухопутной съемкой может осуществляться путем непосредственных наблюдений с донным гравиметром у берегового причала и на берегу.

5. При морских наблюдениях в рейсе необходимо следить за устойчивостью режима работы источников электропитания гравиметра, а до начала рейса убедиться в установлении рабочего режима гравиметра. В случае явного нарушения этого режима за время перехода между точками, необходимо возвратиться на 2 предыдущие точки для повторения наблюдений на них и продолжать рейс лишь после стабилизации режима работы источнико3 электропитания.

6. При обработке материалов морских съемок производится уравнивание системы узловых точек и вычисляется точность определения силы тяжести на них по формулам способа наименьших квадратов.

7. Порядок обработки наблюдений при морских гравиметрических работах не отличается от обработки материалов сухопутных съемок, за исключением порядка редуцирования наблюдений.

Редукции наблюденных значений силы тяжести вычисляются в два этапа. Вначале значения приводятся к уровню поверхности данного бассейна, а затем, к уровню геоида.

**Приведение к уровню водной поверхности.** Вычисляются поправки Буге по формулам:

а) для работ с донными гравиметрами

$$\Delta g_{\text{I}}'' = -(0{,}2654 - 0{,}0419\,\sigma)\,h;$$

б) для работ на штативах

$$\Delta g_{\text{I}}'' = +0{,}3086\,\Delta h + 0{,}0419h\,(\sigma - \sigma_{\text{в}});$$

в) для работ на подводной лодке

$$\Delta g_{\text{I}}'' = -0{,}2222d + (0{,}0419\sigma - 0{,}0431)\,h.$$

**Приведение к поверхности геоида.** Для всех случаев применяется единая формула:

$$\Delta g_{\text{II}}'' = (0{,}3086 - 0{,}0419\,\sigma)\,H.$$

Окончательное значение редукции будет:

$$\Delta g'' = \Delta g_{\text{I}}'' + \Delta g_{\text{II}}''.$$

В формулах: $h$ — глубина водного бассейна в точке наблюдения, *м*;
$\Delta h$ — высота центра гравиметра над водной поверхностью, *м*;
$d$ — глубина погружения судна, *м*;
$\sigma$ — пло ность пород, слагающих береговые массивы ниже уровня воды, *г/см*³;
$\sigma_{\text{в}}$ — плотность воды (для морей и океанов 1,03 *г/см*³);
$H$ — абсолютная отметка водной поверхности.

В случае сложного рельефа дна водного бассейна, рекомендуется учитывать влияние рельефа по тем же формулам, которые применяются для обработки наблюдений на суше.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*

## ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ С ГРАВИМЕТРАМИ-ВЫСОТОМЕРАМИ

Гравиметр-высотомер представляет собой прибор для одновременного измерения приращений силы тяжести и разности высот пунктов гравиметрических наблюдений. Он состоит из двух упругих систем, одна из которых барометрически компенсирована и служит для измерения приращения силы тяжести (гравиметрическая система), а другая имеет большой барометрический коэффициент и служит для измерения приращений высоты (высотомерная система).

При подготовке гравиметров-высотомеров к полевым работам определение постоянных гравиметрической системы прибора совершенно тождественно определению постоянных обычного гравиметра.

Определение цены деления микрометра высотомерной системы целесообразно производить способом наклона на эталонной плите при незначительных изменениях атмосферного давления, так как при этом не требуется предварительного определения барометрического коэффициента. В этом случае изменения отсчетов высотомерной системы зависят только от кажущегося изменения силы тяжести и могут быть получены в миллигалах.

Определение высотного коэффициента высотомерной системы следует производить способом непосредственного наблюдения на двух точках с достаточно большой разностью высот (порядка 100—200 *м*), известной по геодезическим данным. Тогда разность между кажущимся изменением силы тяжести, измеренным по высотомерной системе ($\Delta g_{\text{выс.}}$), и действительным изменением силы тяжести, измеренным по гравиметрической системе ($\Delta g_{\text{грав.}}$), пропорциональна разности высот $\Delta h$ между двумя точками наблюдений:

$$\Delta h = K(\Delta g_{\text{выс.}} - \Delta g_{\text{грав.}}), \qquad (1)$$

где $K$ — коэффициент пропорциональности, называемый высотным коэффициентом.

Из приведенного выше равенства может быть определен высотный коэффициент $K$ для данного сочетания атмосферного давления $B$ и наружной температуры $t$, средних из отсчетов давления и температуры на обеих точках с известными значениями высот.

Высотный коэффициент ($K$) представляет собой произведение двух множителей, из которых один ($K_0$) зависит от параметров упругих систем и от внутренней температуры гравиметра ($T$), а другой является функцией температуры и давления внешнего воздуха:

$$K = K_0 \cdot \frac{760\,(273 + t)}{B \cdot 273}. \qquad (2)$$

Определив путем наблюдений $K$, можно из равенства (2) вычислить $K_0$, величина которого будет отнесена к внутренней температуре гравиметра-высотомера во время наблюдения.

Зная $K$ для данного сочетания $B$, $t$ и $K_0$, при данной внутренней температуре гравиметра-высотомера $T$, нетрудно вычислить по формуле (2) значения $K$ для встречающихся в районе работ значений давления и температуры, представив их в виде таблиц и номограмм.

Для другой внутренней температуры гравиметра-высотомера ($T^1$) коэффициент $K_0^1$ определяется по формуле

$$K_0^1 = K_0 \frac{273 + T^1}{273 + T}$$

и соответственно перевычисляется коэффициент $K$.

Высотный коэффициент можно определять и в лабораторных условиях в специальной барометрической камере путем снятия отсчетов по высотомерной системе при различных значениях давления в барокамере.

Высотный коэффициент проверяется в начале, в середине и в конце полевых работ, а также после регулировок и ремонта гравиметра-высотомера

Методика съемки с гравиметрами-высотомерами в принципе не отличается от методики съемки с другими типами гравиметров. Разница заключается лишь в необходимости учета суточных изменений атмосферного давления и исключения их из показаний высотомерной системы.

Учет барического рельефа и барических вариаций аналогичен с любым прецизионным баронивелированием.

Учет изменений атмосферного давления может производиться одним из следующих трех способов:

а) проведением регулярных (через 20—30 мин.) наблюдений по высотомерной системе гравиметра-высотомера или другому равноточному баронивелиру, установленному на стационарной барометрической станции, с последующим исключением из высотомерной системы полевого гравиметра показаний, полученных на станции в момент наблюдений с полевым прибором (путем интерполяции между выполняемыми на станции срочными отсчетами). Максимальное удаление гравиметра-высотомера в рейсе от барометрической станции зависит от метеорологических и орогидрографических условий района работ и требуемой точности съемки и допускается в пределах от 10 км (в горной местности) до 40 км (в равнинной);

б) путем привязки наблюдений в рейсе, не реже чем через 2—3 часа, к точкам, имеющим высотные отметки. При этом можно считать, что изменение атмосферного давления между двумя соседними точками с твердыми высотными отметками происходит по линейному закону и учет этого изменения осуществляется введением поправки за нульпункт высотомерной системы по наблюдениям на точках с известными значениями высоты;

в) путем многократных (3—4 раза) наблюдений на некоторых точках в рейсе (через 2—3 рядовые точки), что позволяет учесть нелинейный характер изменения атмосферного давления построением редукционных кривых нульпункта высотомерной системы.

Первые два способа являются предпочтительными, причем второй может быть применен только в районах с густой сетью точек, имеющих твердые значения абсолютных отметок высот.

Контроль качества наблюдений с гравиметрами-высотомерами осуществляется так же, как с любым другим гравиметром. Разница состоит лишь в том, что, кроме сравнения результатов контрольных наблюдений по гравиметрической (значения силы тяжести) и по высотомерной системам (отметки высот) и вывода их средних квадратических ошибок, производится вывод и сравнение средних квадратических ошибок значений силы тяжести, приведенной к уровню моря. Эта величина получается в каждом рейсе, как результат совместной работы обеих упругих систем, по формуле:

$$\Delta g_0 = (1 - b\,K)\ \Delta g_{\text{грав}} + b\,K\,\Delta g_{\text{выс}},$$

где $b = 0{,}3086 - 0{,}0419\sigma$.

Средняя квадратическая ошибка определения высоты гравиметром-высотомером может быть в 1,5 раза больше ошибки, допускаемой при определении высоты геодезическим способом.

Вследствие компенсации ошибок обеих упругих систем средняя квадратическая ошибка определения приведенного значения силы тяжести должна быть равна ошибке наблюденного значения силы тяжести или отличаться от нее на незначительную величину.

Обработка наблюдений по гравиметрической системе гравиметра-высотомера производится обычным способом.

Порядок обработки наблюдений по высотомерной системе рекомендуется следующий:

а) отсчеты по высотомерной системе после введения инструментальных поправок (за изменение температуры и т. п.) переводятся в миллигалы умножением на цену деления отсчетного устройства;

б) определяется высотный коэффициент для среднего значения температуры и атмосферного давления в течение рейса, после чего отсчеты по высотомерной системе из миллигал переводятся в метры;

в) при работе с барометрической станцией с графика дневного изменения давления для каждого момента наблюдения с полевым прибором снимается соответствующая поправка (в метрах), которая затем вводится в показания полевого прибора;

г) показания высотомерной системы прибора на точках высотной опоры сравниваются с жесткими значениями этих точек, полученными геодезическим способом. Выявившиеся невязки, обусловленные в основном смещением нульпункта высотомерной системы, разбрасываются по точкам наблюдения пропорционально времени, после чего получаются абсолютные значения высотных отметок гравиметрических точек.

При работе по однократной методике без барометрической станции из порядка обработки выпадает пункт в.

При работе без барометрической станции по методике многократных наблюдений график изменения атмосферного давления (в метрах) строится по результатам повторных наблюдений в рейсе. Дальнейший порядок обработки остается прежним.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 3*

## ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ С ГРАВИТАЦИОННЫМИ ГРАДИЕНТОМЕТРАМИ

Гравитационный градиентометр представляет собой прибор, предназначенный для измерения двух производных ($W_{xz}$ и $W_{yz}$) потенциала силы тяжести (составляющих горизонтального градиента силы тяжести). Градиентометр содержит 4 крутильные системы, благодаря чему при наблюдениях в 2 противоположных азимутах получаются двойные независимые значения обеих составляющих. При наблюдениях в 4 азимутах (0, 90, 180 и 270°) получается по 4 независимых значения $W_{xz}$ и $W_{yz}$ в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

| Азимуты прибора при наблюдениях, *град* | Крутильные системы, по которым определяются | |
|---|---|---|
| | $W_{xz}$ | $W_{yz}$ |
| 0 и 180 | III и IV | I и II |
| 90 и 270 | I и II | III и IV |

В отличие от работы с гравитационным вариометром наблюдения с гравитационным градиентомегром производятся визуально, путем снятия отсчетов бликов от двух или четырех систем по окулярным шкалам.

Условия нормальной и качественной работы градиентометров те же, что и для вариометров (см. § 43 настоящей инструкции).

При работе с гравитационным градиентометром требования наличия спокойного рельефа дневной поверхности вокруг пункта наблюдения сводятся к следующему:

а) площадка вокруг точки наблюдения в радиусе 1,5—2 *м* должна быть плоской, без бугров, борозд, неровностей, больших камней, пней, кустов и т. п.;

б) за пределами указанной площади, в радиусе 5—10 *м*, без канав, шурфов, колодцев, отвалов, построек и т. п.;

в) в радиусе 30—40 *м* не должно быть оврагов, возвышенностей, рек, озер (за исключением тех случаев, когда профиль пересекает подобную неровность и когда их действие специально учитывается).

Если в запроектированном месте нельзя выбрать площадку, удовлетворяющую этим требованиям, точка наблюдения переносится: по профилю — на расстояние, не превышающее половины расстояния между точками; в сторону от профиля — на расстояние, не превышающее одной трети расстояния между точками.

Нивелировка местности вокруг точки наблюдения с гравитационным градиентометром для учета влияния рельефа производится в радиусе 5,7 *м* по четырем или восьми лучам, в зависимости от сложности рельефа и предусмотренной проектом точности определения поправок. На каждом луче точки постановки рейки располагаются на расстояниях 0,9—1,5—2,1—3,9—5,7 *м* от центра.

Нивелировка звездочек производится с помощью нивелирного комплекта, состоящего из диоптрического самоустанавливающегося нивелира, рейки с функциональными шкалами и шнура, на котором размечены места постановки рейки.

Точка является непригодной для наблюдения с градиентометром, если при нивелировке звездочки на каком-либо расстоянии любого луча невозможно сделать отсчет по рейке (визирный луч проходит выше или ниже одного из концов соответствующей шкалы). Поэтому наблюдения с градиентометром производятся после нивелирования звездочек на соответствующих точках.

Наблюдения с градиентометрами ведутся в специальных будках. В процессе наблюдений необходимо следить за правильной ориентировкой и установкой прибора, своевременным арретированием и дезарретированием, правильным положением азимутальных штифтов.

Отсчеты по шкалам окуляра производятся через 2,5 мин. после установки прибора в азимуте, при условии полного успокоения системы. При наблюдении по четырехазимутной системе отсчеты производятся попарно в двух противоположных азимутах (0—180, 90—270°).

По окончании отсчетов производятся вычисления, и при удовлетворительной сходимости (расхождения между рычагами по одной и той же составляющей градиента меньше 20 этвеш) градиентометр переносится на следующую точку. В случае неудовлетворительной сходимости, наблюдение сразу же проверяется в азимуте 180° или, если нужно, в азимуте 0°.

В случае, если разность между значениями $W_{xz}$ и $W_{yz}$ на двух соседних точках превышает 50 этвеш, в середине между этими точками выполняются наблюдения для детализации.

Регулировка положения бликов на шкалах систем с помощью нижних призм может производиться техником-оператором (при наличии у него достаточного опыта) непосредственно в поле. Все остальные регулировки градиентометра и устранения неисправностей производятся только начальником отряда на базе или в поле по его усмотрению.

О всех регулировках, выполняемых в поле, делается соответствующая запись в журнале наблюдений с градиентометром.

После регулировки положения бликов производится четырехазимутный цикл наблюдений.

Контроль за работой гравитационного градиентометра ведется:

а) в процессе полевых работ по сопоставлению результатов измерения составляющих градиента в различных системах, при этом предельное допустимое расхождение между рычагами по одной и той же составляющей не должно превышать 20 этвеш;

б) специальными наблюдениями на контрольной точке (обычно вблизи места базирования партии), выбираемой на берегу оврага, обрыва или специально вырытой ямы с таким расчетом, чтобы полный горизонтальный градиент на ней составлял не менее 100 этвеш.

Наблюдения на контрольной точке выполняются раз в десять дней серией из 10 четырехазимутных циклов с арретированием систем между циклами. По результатам наблюдений выводятся средние значения $W_{xz}$, $W_{yz}$, $R = \sqrt{W_{xz}^2 + W_{yz}^2}$, $\alpha = \operatorname{arctg}\frac{W_{yz}}{W_{xz}}$ и вычисляются среднеквадратические погрешности отдельного определения $W_{xz}$ и $W_{yz}$ по каждому коромыслу, которые не должны превышать $\pm 5$ этвеш.

По средним значениям $R$ и $\alpha$ контролируется постоянство цены деления систем и их положения в корпусе прибора. Цена деления систем не должна

меняться больше чем на 2%, а допустимые изменения $\alpha$ превышать по абсолютной величине 2°.

При несоблюдении указанных выше требований по какой-либо системе наблюдения по этой системе бракуются.

Для контроля за качеством съемки осуществляются независимые контрольные наблюдения по той же системе и в тех же азимутах, в которых было выполнено контролируемое наблюдение. Контрольные наблюдения выполняются в соответствии с требованиями, изложенными в § 66, 69 настоящей инструкции.

Расхождения контрольных и первичных наблюдений не должны превышать величины $\frac{20}{\sqrt{n}}$ этвеш, где $n$ — число систем, по данным которых вычислены средние результаты первичных и контрольных наблюдений.

Оценка точности полевых наблюдений с градиентометром и определения аномальных значений составляющих градиента производятся по формулам, приведенным в § 65, 66, 68 инструкции.

Все записи при работе с градиентометром ГРБМ-2 и нивелирным комплектом производятся в специальных полевых журналах, образцы которых даны в приложении 5 данной инструкции.

Обработка наблюдений производится в полевых журналах.

Для обработки наблюдений необходимо до начала съемки на каждом участке выполнить следующие вычислительные работы:

а) составить таблицу перевода делений шкалы в этвеши;

б) подсчитать поправки за нормальное поле Земли для каждой системы;

в) подсчитать поправки за нормальное поле Земли к средним значениям градиентов по двум и четырем системам.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 4*

Форма № 1

(Титульный лист)

Наименование учреждения _____
(управление, контора, трест, экспедиция)

_____ гравиметрическая партия № _____

Район работ _____

Год работ _____

## ПОЛЕВОЙ

## ГРАВИМЕТРОВЫЙ ЖУРНАЛ № _____

Гравиметр _____ № _____

Начат _____ Окончен _____

Оператор _____

Начальник партии _____

Нашедшего просят вернуть по адресу _____

_____

(Текст)

Рейс № _____

Гравиметр № _____

Дата _____

Цена оборота измерительного микровинта

Температурный коэффициент

Сменный вкладыш (для СН-3)

Гравиметровая точка № _____

| Время | Температура | Отсчеты | Средний отсчет | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

Оператор _____

*ПРИЛОЖЕНИЕ 4*

**Форма № 2**

**(Титульный лист)**

Наименование учреждения _____
(управление, контора, трест, экспедиция)

_____ гравиметрическая партия _____ №_____

Район работ_____ Вариометр _____ №_____

Год работ_____

**ПОЛЕВОЙ**

**ВАРИОМЕТРИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ №_____**

Начат_____ Окончен_____

Оператор_____

Начальник партии_____

Нашедшего просят вернуть по адресу _____

_____

**(Текст)**

Пластинка_____ Точка №_____

Дата «_____»_____19_____г. Переезд_____мин.

Координаты точки_____

Ось X ориентирована_____

Пущен на азимут _____

Пущен_____час_____мин. с_____азимута

Снят_____час_____мин. с_____азимута

Отказы, дефекты и их причины_____

Расположение точки _____

**Оператор**_____

*ПРИЛОЖЕНИЕ 4*

**Форма 3**

**(Титульный лист)**

Наименование учреждения _____
(управление, трест, контора, экспедиция)

_____ гравиметрическая партия № _____

Район работ _____

Год работ _____

## ПОЛЕВОЙ ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Начат _____ Окончен _____

Нивелировщики _____

Начальник партии _____

Нашедшего просят вернуть по адресу _____

_____

**(Текст)**

Точка № _____ Дата _____ 19____ г.

Высота центра _____ Ось X ориентирована _____

| Расстояние от центра, *м* | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,2 | | | | | | | | | |
| 2,0 | | | | | | | | | |
| 3,0 | | | | | | | | | |
| 4,5 | | | | | | | | | |
| 6,0 | | | | | | | | | |
| 10,0 | | | | | | | | | |
| 18,0 | | | | | | | | | |
| 50,0 | | | | | | | | | |

**Нивелировщик:** **Проверил:**

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*
Форма 4

## ВЕДОМОСТЬ ОБРАБОТКИ ПОЛЕВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

(Для гравиметров с линейной шкалой)

Рейс №_____ Дата _____ Гравиметр_____ №_____

Полевой журнал №_____ Стр._____ Оператор_____

Цена оборота измерительного микровинта_____ Температурный коэффициент_____

| № точек | Время наблюдения | Температура прибора, $t$ | Отсчет микрометра, $u$ | Поправка за температуру, $\Delta t$ | Исправленный отсчет, $u'$ | Поправка за смещение нульпункта, $R$ | Исправленный отсчет, $u''$ | Отсчет, *мгл* $Cu''$ | Среднее, $(Cu'')_{ср}$ | Значение силы тяжести на опорной точке | Приведение к уровню опорной точки | Значение силы тяжести в рядовых точках | Значение силы тяжести при контрольном наблюдении |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | | | | | | (Заполняется при работе по методике с повторением) | | | (Заполняется при работе по методике с повторением) | | (Заполняется при работе по методике с повторением к уровню начальной точки) | | |

(Для гравиметра СН-3)

Форма № 5

Рейс №_____ Дата_____ Гравиметр №_____

Полевой журнал №_____ Стр._____ Оператор_____

Начальная температура корпуса_____ Вкладыш

| № точек | Время наблюдения | Температура прибора, $t$ | Отсчеты по микровинтам | | Значение, *мгл* | | | $g_r''$ | Поправка за | | $g_r'$ | Поправка отсчетов за смещение нульпункта | | | $g_r$ | Увязка | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $S$ | $B$ | $C_0$ | $CB$ | $C_2$ | | $\Delta t$ | $\alpha\Delta t$ | | $\Delta t$ | $R$ | $R_{\Delta t}$ | | $\Delta g$ | $\Delta g'$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*

Форма № 6

## ВЕДОМОСТЬ КОНТРОЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

| № точки | Дата | № рейса | № гравиметра | Наблюденное значение силы тяжести, $g$ | Среднее значение, $g_{ср}$ | Отклонение от среднего, $\delta$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

Форма № 7

## ВЕДОМОСТЬ ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ НА БАРОМЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Дата_____ Местоположение станции_____

Гравиметр-высотомер № _____ Оператор _____

Полевой журнал № _____ Стр. _____ С _____ $t_{вн}$

Температурный коэффициент _____ $K_0$ _____ $K$

Дополнительные сведения о дне наблюдения _____

| Время | Давление воздуха (В), *мм* | Температура воздуха, $t_{нор}$ | Отсчет, $n'$ | Температура прибора, $t_{вн}$ | Поправка за температуру, $\Delta t$ | Исправленный отсчет, $n$ | $h = КСn$, *м* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*
Форма № 8

## ВЕДОМОСТЬ ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ С ГРАВИМЕТРОМ-ВЫСОТОМЕРОМ
(Высотомерная система)

Рейс № _____ Дата _____ Гравиметр № _____

Полевой журнал № _____ Стр. _____ Оператор _____

Цена деления микрометра _____ Температурный коэффициент _____

$t$ наружной среды _____ $B_{ср}$ _____ $t_{вн}$ _____ $K_0$ _____ $K$ _____

| № точек | Время | Отсчет, $n'$ | Давление, $B$ | $t_{нар}$ | $t_{вн}$ | Поправка за температуру, $\Delta t$ | Исправленный отсчет, $n$ | Сп, *мгл* | $h'' = K$Сп, *м* | Поправка за станцию, $R_1$ | $h' = h'' - R_1$ | Поправка за нуль-пункт высотомерной системы, $R_2$ | $h = h' - R_2$ | $h_{ср}$ | $\Delta g_{гр}$ | $K\Delta g_{гр}$ | $\Delta h = h_{ср} - K\Delta g_{гр}$ | Редукция к абсолютной отметке | Абсолютная отметка, $H$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Форма № 9

## КАТАЛОГ ОПОРНЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК

Район работ _____ Исходные точки

Год работ _____

Типы и № гравиметров

| Название | $\varphi$ | $\lambda$ | $H$ | $g$ |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

| № точек | Название точек | Координаты точек | | | | Высота точек ($H$), *м* | Наблюденное значение силы тяжести, $g$ | Точность определения, $g$ | Нормальное значение, $\gamma_0$ | Аномалия Буге, $\Delta g''$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | географические | | прямоугольные | | | | | | | |
| | | $\varphi$ | $\lambda$ | $X$ | $Y$ | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | | | | | | |

Форма № 10

## КАТАЛОГ РЯДОВЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК

| № точек | Координаты | | Высота точек ($H$), *м* | Наблюденное значение силы тяжести, *мгл* | Нормальное значение, *мгл* | Поправка Буге $\sigma = 2{,}3$ | Аномалия Буге, *мгл* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $X$ | $Y$ | | | | | |
| | | | | | | | |

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*

Форма № 11

Наименование учреждения _____
(управление, трест, контора, экспедиция)

_____ гравиметрическая партия № _____

## ЖУРНАЛ ОБРАБОТКИ ВАРИОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Точка № _____ Место наблюдения _____

Пластинка № _____ Ось X ориентирована _____

Дата _____ Оператор _____ Нивелировщик _____

| $t$ | $\Delta t$ | $n\Delta t$ | I р. | | | | | | II р. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | ср. | | | | 1 | 2 | ср. | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

| | $2W_{xy}$ | $W_y$ | $W_{yz}$ | $W_{yz}$ |
|---|---|---|---|---|
| Набл. | | | | |
| Топ. | | | | |
| Нор. | | | | |
| | | | | |
| Аном. | | | | |

Измерили: 1. _____

2. _____

Вычислил _____

Сверил _____

| $2W'_{xy}$ | | $W'_{\Delta}$ | | $W_{xz}$ | | $W_{yz}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | II | I | II | I | II | I | II |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| | 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | | | | | | | | |
| 2.0 | | | | | | | | |
| 3.0 | | | | | | | | |
| 4.5 | | | | | | | | |
| 6.0 | | | | | | | | |
| 10.0 | | | | | | | | |
| 18.0 | | | | | | | | |
| 50.0 | | | | | | | | |

| A | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° |
| | | | | | | | |

| B | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 45° | 90° | 135° | 180° | 225° | 270° | 315° |
| | | | | | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $+A_{45}$ | | $+A_{0}$ | |
| $-A_{135}$ | | $-A_{90}$ | |
| $+A_{225}$ | | $+A_{180}$ | |
| $-A_{315}$ | | $-A_{270}$ | |
| | | | |

$2W_{xy} =$ $W_{\Delta} =$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $+B_{0}$ | | $+B_{45}$ | |
| $-B_{180}$ | | $-B_{135}$ | |
| | | $-B_{225}$ | |
| | | $-B_{315}$ | |
| | | | |

$= W_{xz}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $+B_{90}$ | | $+B_{45}$ | |
| $-B_{270}$ | | $-B_{135}$ | |
| | | $-B_{225}$ | |
| | | $-B_{315}$ | |
| | | | |

$W_{y} =$

Вычислил _____ Сверил _____

*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*

Форма № 12

## ВЕДОМОСТЬ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Участок _____ Контур _____

| № п/п | № профиля | № точек | Проекции $P_1$ и $P_2$ | $\frac{P_1 + P_2}{2}$ | Расстояние ($S$), м | $\frac{P_1 + P_2}{2} S$ | Невязка | Исправленные значения | Отметка |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

(Последняя страница)

Для справок

Градиенты $W_{xz}$ и $W_{yz}$, измеряемые с прибором, вычисляются по формулам:

по каналу 1: $W_{xz} = C_1 \Delta_x = C_1 (n_{270} - n_{90})$;
$W_{yz} = C_1 \Delta_y = C_1 (n_0 - n_{180})$;

по каналу 3: $W_{xz} = C_3 \Delta_x = C_3 (n_{180} - n_0)$;
$W_{yz} = C_3 \Delta_y = C_3 (n_{270} - n_{90})$;

по каналу 4: $W_{xz} = C_4 \Delta_x = C_4 (n_{180} - n_0)$;
$W_{yz} = C_4 \Delta_y = C_4 (n_{270} - n_{90})$;

по каналу 2: $W_{xz} = C_2 \Delta_x = C_2 (n_{270} - n_{90})$;
$W_{yz} = C_2 \Delta_y = C_2 (n_0 - n_{180})$,

где $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$ — цены деления по каналам 1, 2, 3, 4, а $n_0$, $n_{90}$, $n_{180}$, $n_{270}$ — отсчеты в азимутах 0, 90, 180 и 270° по соответствующим каналам.

Значения градиентов получаются в правой системе координат, в которой ось Z направлена вниз, а ось X идет от наблюдателя к прибору, когда прибор стоит в азимуте 0°.

Азимутом прибора является азимут системы в канале 2. Азимут системы в канале 2 совпадает с азимутом визирного приспособления, когда нуль на его алидаде совмещен с нулем лимба.



*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*

Форма № 13

(Титульный лист)

Наименование учреждения _____
(управление, трест, контора, экспедиция)

_____ гравиметрическая партия № _____

Район работ _____

Год работ _____

_____

**ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ**
**с ГРБМ-2**

№ _____

**ГРБМ-2 № _____**

Участок работ _____

_____

_____

Начат _____

Окончен _____

*Начальник партии* _____

Нашедшего просим вернуть по адресу _____

_____

*Продолжение приложения 5*

Форма № 13

(Текст)

Дата _____ Ось X _____

| Точка | Обозначения | Каналы 1 | 3 | 4 | 2 | ПРИМЕЧАНИЯ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Азимут | | | | | |
| | Δ | | | | | |
| | W | | | | | |
| | Азимут | | | | | |
| | Δ | | | | | |
| | W | | | | | |
| | Азимут | | | | | |
| | Δ | | | | | |
| | W | | | | | |
| | Азимут | | | | | |
| | Δ | | | | | |
| | W | | | | | |

Оператор

Обработка наблюдений

| Значения | $W_{xz}$ | $W_{yz}$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| наблюденные | | | | | | | | |
| топопоправки | | | | | | | | |
| попр. за норм. поле | | | | | | | | |
| аномалии | | | | | | | | |
| наблюденные | | | | | | | | |
| топопоправки | | | | | | | | |
| попр. за норм. поле | | | | | | | | |
| аномалии | | | | | | | | |
| наблюденные | | | | | | | | |
| топопоправки | | | | | | | | |
| попр. за норм. поле | | | | | | | | |
| аномалии | | | | | | | | |
| наблюденные | | | | | | | | |
| топопоправки | | | | | | | | |
| попр. за норм. поле | | | | | | | | |
| аномалии | | | | | | | | |

Вычислил Проверил

(Последняя страница)

**Для справок**

1. При нивелировке по 4-м лучам (0, 90, 180, 270°) топографические поправки вычисляются по формулам:

$$W_{xz} = \frac{\sigma}{1{,}6}\Sigma_x = \frac{\sigma}{4}\left(S_{180} - S_0\right)$$

$$W_{yz} = \frac{\sigma}{1{,}6}\Sigma_y = \frac{\sigma}{4}\left(S_{270} - S_{90}\right)$$

2. При нивелировке по 8-и лучам (0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315°) топографические поправки вычисляются по формулам:

$$W_{xz} = \frac{\sigma}{1{,}6}\left(0{,}5\,\Sigma_x + 0{,}354\,\Sigma'_x\right) =$$

$$= \frac{\sigma}{1{,}6}\left[0{,}5\left(S_{180} - S_0\right) + 0{,}354\left(S_{135} + S_{225} - S_{45} - S_{315}\right)\right]$$

$$W_{yz} = \frac{\sigma}{4}\left(0{,}5\,\Sigma_y + 0{,}354\,\Sigma'_y\right) =$$

$$= \frac{\sigma}{1{,}6}\left[0{,}5\left(S_{270} - S_{90}\right) + 0{,}354\left(S_{225} + S_{315} - S_{45} - S_{135}\right)\right]$$

3. В приведенных формулах $S_0$, $S_{45}$, $S_{90}$ означают алгебраические суммы отсчетов по рейке в соответствующих столбцах; $\sigma$—объемный вес поверхностного слоя. Луч 0° (ось X) идет по тому же направлению, по которому идет ось X при наблюдениях с ГРБ-2.



*ПРИЛОЖЕНИЕ 5*
Форма № 14
(Титульный лист)

Наименование учреждения _____
(управление, трест, контора, экспедиция)

гравиметрическая партия № _____

Район работ _____

Год работ _____

_____

## ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВКИ С ДИОПТРИЧЕСКИМ НИВЕЛИРОМ

№ _____

Диоптрический нивелир № _____

Участок работ _____

_____

_____

Начат _____

Окончен _____

*Начальник партии* _____

Нашедшего просят вернуть по адресу _____

_____

*Продолжение приложения 5*

Форма № 14

(Текст)

Дата_____ Ось X _____ $\frac{\sigma}{4}$ = _____

| Точка | α / ρ, м | 0° | 90° | 180° | 270° | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,9 | | | | | | | | |
| | 1,5 | | | | | | | | |
| | 2,1 | | | | | | | | |
| | 3,9 | | | | | | | | |
| | 5,7 | | | | | | | | |
| | *S* | | | | | | | | |
| | Σ | | | | | | | | |
| | $\frac{\sigma}{1,6}\Sigma$ | | | | | | | | |
| | 0,9 | | | | | | | | |
| | 1,5 | | | | | | | | |
| | 2,1 | | | | | | | | |
| | 3,9 | | | | | | | | |
| | 5,7 | | | | | | | | |
| | *S* | | | | | | | | |
| | Σ | | | | | | | | |
| | $\frac{\sigma}{1,6}\Sigma$ | | | | | | | | |

Нивелировщик: Вычислил: Проверил:

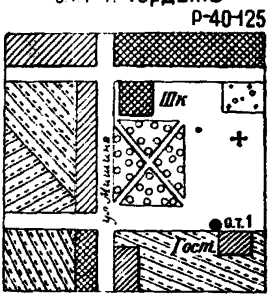
Дата_____ Ось X _____ $\frac{\sigma}{4}$ = _____

| Точка | α / ρ, м | 0° | 90° | 180° | 270° | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,9 | | | | | | | | |
| | 1,5 | | | | | | | | |
| | 2,1 | | | | | | | | |
| | 3,9 | | | | | | | | |
| | 5,7 | | | | | | | | |
| | *S* | | | | | | | | |
| | Σ | | | | | | | | |
| | $\frac{\sigma}{1,6}\Sigma$ | | | | | | | | |
| | 0,9 | | | | | | | | |
| | 1,5 | | | | | | | | |
| | 2,1 | | | | | | | | |
| | 3,9 | | | | | | | | |
| | 5,7 | | | | | | | | |
| | *S* | | | | | | | | |
| | Σ | | | | | | | | |
| | $\frac{\sigma}{1,6}\Sigma$ | | | | | | | | |

Нивелировщик: Вычислил: Проверил:

# ОБРАЗЦЫ КРОКИ
## ОПОРНЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ТОЧЕК

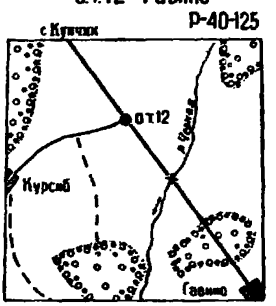
### от 1 г. Чердынь




Внемасштабная схема

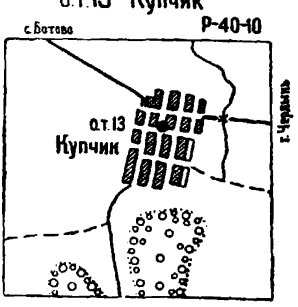
В г. Чердынь у СЗ угла гостиницы

### от 12 Гавино



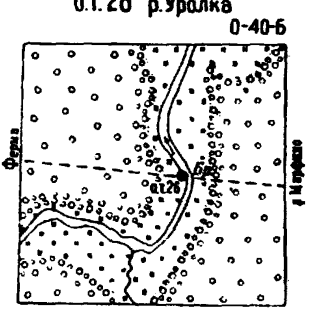

В 2,5 км на СЗ от северной окраины д. Гавино, на грунт. дороге д. Гавино - с. Купчик. В 950 м к СЗ от места через р. Чернушка, у развилки дороги в д. Курсаб. Опорная точка совмещена с грунтовым репером (жел. труба) нивелировки ВКП № 413

### от 13 Купчик




В селе Купчик, между 3-м и 4-м кварталами среди улицы, против ворот дома Гордеева Ивана.

### от 26 р. Уралка




На левом берегу р. Уралки, на тропе из д. Мерфино к комсомольской ферме в 1 км от Этой деревни у брода. Опорная точка закреплена деревянным столбом с елочкой

*ПРИЛОЖЕНИЕ 7*

## НАСТАВЛЕНИЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОТНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМИ ПАРТИЯМИ В ПОЛЕ

1. Для работ по определению плотности горных пород гравиметрическая партия должна быть снабжена денситометрами с необходимым комплектом вспомогательного оборудования (или техническими весами грузоподъемностью от 200 до 500 *г* с разновесом), стеклянными мензурками, сосудами для сыпучих тел, парафином, приспособлением для плавления парафина.

Эти работы выполняются специально выделенным техником.

2. Образцы для определения плотности пород могут быть взяты из естественных обнажений, горных выработок и буровых скважин. Каждый образец отбирается с таким расчетом, чтобы он характеризовал определенный стратиграфический или литологический горизонт, а вся совокупность образцов возможно полнее характеризовала разрез. В образцах не должно быть случайных включений, трещин и каверн. Вес отбираемого образца не должен быть менее 50 и более 400 *г*. Наиболее желательный вес 150—200 *г*.

При отборе образцов из буровых скважин или стволов шахт желательно сохранить постоянный интервал между точками взятия образца. Величина интервала устанавливается в зависимости от конкретных геологических условий (от сменяемости литологического состава разреза и от технических условий). Для характеристики каждого литологического горизонта необходимо иметь не менее трех образцов. При исследовании образцов, вынутых из скважин, необходимо удалять верхний слой с нарушенной в процессе бурения структурой.

При отборе образцов из естественных обнажений надо удалять разрушенный выветриванием слой породы и образец брать из более глубокой части, мало затронутой или совсем не затронутой выветриванием.

Взятые из породы образцы исследуются немедленно, пока они имеют естественную влажность. В тех случаях, когда это сделать невозможно, для сохранения влажности образцы рекомендуется парафинировать. Каждый отобранный и запарафинированный образец снабжается этикеткой, на которой записывается место, глубина и дата взятия образца, характеристика породы. При невозможности определения плотности образцов с естественной влажностью или их парафинирования, образцы передаются в соответствующую лабораторию для определения плотности в воздушно-сухом состоянии. Транспортировка и хранение образцов производится в специальных ящиках.

3. Распространенным способом определения плотности пород является способ гидростатического взвешивания на технических весах. Для этого образец горной породы подвешивается на тонкой нити к крючку одного из плеч коромысла технических весов, с которых снята чашечка, и взвешивается (при этом оставшуюся чашечку весов предварительно уравновешивают грузиком).

Затем образец погружается в расплавленный парафин, после застывания которого взвешивается снова. Запарафинированный образец погружается в воду и взвешивается в третий раз.

Плотность образца вычисляется по формуле:

$$\sigma = \frac{P_1}{P_1 - P_3 - K(P_2 - P_1)} \ г/см^3,$$

где

$$K = \frac{1}{\sigma_p} - 1;$$

$P_1$ — вес образца в воздухе до парафинирования;
$P_2$ — вес запарафинированного образца в воздухе;
$P_3$ — вес запарафинированного образца в воде;
$\sigma_p$ — плотность парафина.

4. Образец, предназначенный для парафинирования, обрабатывается таким образом, чтобы он не имел острых углов и выступов. Обвязанный обвощенной или шелковой ниткой его погружают на 1—2 сек. в расплавленный и нагретый до температуры 80—90° парафин (выше и ниже нагревать парафин не рекомендуется, так как в первом случае он становится очень жидким и быстро стекает с образца, во втором — слишком густ и не пристает к образцу). При парафинировании необходимо следить за тем, чтобы слой парафина ложился равномерно и не обнажались поры или трещины, через которые вода может проникать во внутрь образца. Если после парафинирования на образце в парафиновом слое образовались пузырьки воздуха, то их следует удалить, прокалывая заостренной нагретой проволочкой или иглой.

При парафинировании плотность парафина определяется с помощью формулы:

$$\sigma_p = \frac{P_1}{P_1 - (P_2 - P_3)},$$

где $P_1$ — вес парафина в воздухе;
$P_2$ — вес парафина с грузом в воде;
$P_3$ — вес груза в воде.

При определении плотности образцов с парафинированием записи и вычисления должны вестись по следующей форме:

| № п/п | Дата | № образца | Вес образца в воздухе | Вес запарафинированного образца в воздухе | Вес запарафинированного образца в воде | $P_1 - P_3$ | $P_2 - P_1$ | $K(P_2 - P_1)$ | $P_1 - P_3 - K(P_2 - P_1)$ | $\sigma$ | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | | | | | | | | | | |

5. Если образец представляет плохо проницаемую или непроницаемую совсем породу, то нет надобности парафинировать. В этом случае образец взвешивается в воздухе, а затем в воде — плотность вычисляется по формуле:

$$\sigma = \frac{P_0}{P_0 - P},$$

где $P_0$ — вес образца в воздухе;
$P$ — вес образца в воде.

При взвешивании образцов допускается относительная погрешность в 0,1—0,5%.

При определении плотности пород без парафинирования записи и вычисления должны вестись по следующей форме:

| № п/п | Дата | № образца | $P_0$—вес образца в воздухе | $P$—вес образца в воде | $P_0 - P$ | $\sigma$, $г/см^3$ | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |

6. Определение плотности сыпучих пород производится путем взвешивания образца в заведомо известном объеме, чтобы сыпучая порода имела естественную или близкую к естественной структуру и, следовательно, плотность; образцы ее надо отбирать при помощи специального металлического сосуда с заостренными краями и откидным дном. Этот сосуд острыми краями ставится на очищенную для взятия образца площадку в слое породы и рукою вдавливается в породу до тех пор, пока последняя не пройдет через открытое дно. Затем с помощью заслонки (крышки) дна с заостренными краями срезают часть породы под уровень стенок сосуда и плоской широкой лопатой с противоположной стороны вырезают образец под уровень краев сосуда. После этого сосуд с породой взвешивается. Отношение полученного веса, за вычетом веса сосуда, к его объему даст плотность породы.

Плотность вычисляется по формуле:

$$\sigma = \frac{P_2 - P_1}{v},$$

где: $P_1$ — вес пустого сосуда;
$P_2$ — вес сосуда с породой;
$v$ — объем сосуда.

7. Плотность пород определяется также денситометром ИПС. Денситометром, или измерителем плотности, называется прибор, предназначенный для измерения плотности твердых тел (пород). Он представляет собой усовершенствованные весы с коромыслом и шкалами, позволяющими отсчитывать непосредственно значения плотности образцов.

При определении плотности на денситометре ИПС парафинированный образец подвешивают на нити к подвесу правого плеча денситометра, а на чашечку левого плеча кладут разновес или дробь столько, чтобы стрелка коромысла установилась на индексе шкалы плотности. Затем образец погружают в сосуд с водой и со шкалы плотности снимают отсчет положения

стрелки с точностью до 0,5 деления, что соответствует точности определения плотности 0,01 *г/см*³.

Запись результатов измерений на денситометре производится в журнале по форме:

| № п/п | Дата | № образца | σ, *г/см*³ | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |

8. Средняя плотность исследуемых литологических или возрастных комплексов пород вычисляется по совокупности нескольких значений плотности отдельных образцов.

В тех случаях, когда разрез является достаточно однородным и обработанного количества образцов достаточно для того, чтобы охарактеризовать исследуемый комплекс пород, средняя плотность определяется как среднеарифметическое из всего числа определений по формуле:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i}{n},$$

где $\sigma_i$ — плотность отдельного образца;
$n$ — число образцов.

В тех случаях, когда разрез неоднороден и возрастная свита или горизонт состоят из нескольких литологических комплексов, средняя плотность свиты определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i},$$

где $\sigma_i$ — плотность образца или группы образцов, относящихся к прослойке или комплексу какого-либо определенного литологического горизонта;
$h_i$ — мощность прослойки или горизонта, *м*.

9. Определение плотности пород может производиться по гравиметрическим данным, что дает возможность определить среднюю плотность исследуемого горизонтального слоя пород в их естественном залегании и при естественном содержании влаги.

Средняя плотность промежуточного слоя вычисляется на основании измерений гравиметром приращения силы тяжести вдоль профилей, пересекающих протяженные положительные или отрицательные формы рельефа вкрест их простирания. Пересечение гребней рельефа является предпочтительнее впадин, так как в последних часто скопляется наносный материал. Для определения плотности промежуточного слоя прокладываются специальные профили, но могут быть использованы и обычные профили съемки.

Для определения плотности поверхностных пород профили прокладывают на тех участках, где наиболее резко выражена неровность дневного рельефа и отсутствует аномалия силы тяжести.

Наблюдения вдоль профилей обрабатываются одним из двух способов: способом вариации значений плотности промежуточного слоя и способом наименьших квадратов.

Первый способ заключается в том, что для характерных точек формы рельефа (точек изломов и перегибов) на профиле вычисляют аномалию Буге при различных заданных значениях плотности промежуточного слоя и для каждого из этих значений строят график изменения аномалий. Если выбранная плотность не соответствует действительной, форма графиков в большей или меньшей степени повторяет форму рельефа местности или ее «зеркальное» отображение. Та плотность, при которой график аномалии Буге вдоль профиля не повторяет форму рельефа, а представляет собой почти прямую линию, является истинной плотностью.

Второй способ состоит в том, что для точек профиля вычисляют аномалии в свободном воздухе и используют для составления системы уравнений вида:

$$\Delta'' g_i = \Delta' g_i - KH_i, \tag{1}$$

где $\Delta' g_i$ — аномалия в свободном воздухе;
$\Delta'' g_i$ — аномалия Буге;
$H_i$ — высота точки над уровнем относимости.

$K=0{,}0419\sigma$ ($\sigma$ — искомая плотность промежуточного слоя или поверхностных пород). Система имеет число уравнений, равное числу точек $n$, число неизвестных при этом составляет $n+1$.

Для решения такой системы уравнений задаются каким-либо законом, выражающим наблюдаемое распределение аномалий Буге вдоль профиля.

Когда профиль проходит по неаномальному участку, тогда $\Delta'' g_i = a_0 =$ = const и система уравнений (1) способом наименьших квадратов приводится к следующим двум нормальным уравнениям с двумя неизвестными:

$$na_0 + K\sum_{i=1}^{n} H_i = \sum_{i=1}^{n} \Delta' g_i, \tag{2}$$

$$a_0 \sum_{i=1}^{n} H_i + K\sum_{i=1}^{n} H^2 = \sum_{i=1}^{n} H_i \Delta g_i.$$

Решение этой системы относительно $K$ дает возможность определить значение $\sigma$, пользуясь уравнением $\sigma = \frac{K}{0{,}0149}$. Коэффициент $a_0$ не определяется, так как имеет вспомогательное значение.

На практике может возникать необходимость проложения гравиметрических профилей, вдоль которых аномалия меняется по линейному закону:

$$\Delta'' g_i = a_0 + a_1 x_i; \tag{3}$$

по квадратическому закону:

$$\Delta'' g_i = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2; \tag{4}$$

или по кубическому закону:

$$\Delta'' g_i = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + a_3 x_i^3.$$

В первом случае уравнения будут содержать три неизвестных: $K$; $a_0$; $a_1$; во втором случае четыре неизвестных: $K$; $a_0$; $a_1$; $a_2$ и в третьем случае пять неизвестных: $K$; $a_0$; $a_1$; $a_2$; $a_3$. Чаще всего на практике может встречаться второй случай, при котором возможно наличие одного максимума или минимума силы тяжести на профиле.

Для этого случая уравнения системы будут иметь такое выражение:

$$a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2 + K H_i = \Delta' g_i, \qquad (6)$$

$$i = 1, 2, \ldots\ldots n,$$

а нормальные уравнения способа наименьших квадратов примут следующий вид:

$$a_0 n + a_1 \sum x_i + a_2 \sum x_i^2 + K \sum H_i = \sum \Delta' g_i;$$

$$a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 + a_2 \sum x_i^3 + K \sum x_i H_i = \sum \Delta' g_i x_i;$$

$$a_0 \sum x_i^2 + a_1 \sum x_i^3 + a_2 \sum x_i^4 + K \sum x_i^2 H_i = \sum \Delta' g_i x_i^2;$$

$$a_0 \sum H_i + a_1 \sum x_i H_i + a_2 \sum x_i^2 H_i + K \sum H_i^2 = \sum \Delta' g_i H_i. \qquad (7)$$

Для упрощения вычислений при составлении нормальных уравнений гравиметрических профилей необходимо точки наблюдений или расчетные точки на карте располагать через равные интервалы $\Delta x$, а значения $x_i$ приравнивать нулю. Тогда вычисление суммы легко производится по уравнениям:

$$\sum x_i = \frac{n(n+1)}{2} \Delta x;$$

$$\sum x_i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \Delta x^2;$$

$$\sum x_i^3 = \frac{n^2 (n+1)^2}{4} \Delta x^3;$$

$$\sum x_i^4 = \frac{n(n+1)(2n+1)(3n^2+3n+1)}{30} \Delta x^4. \qquad (8)$$

Гравиметрический профиль, предназначенный для определения плотности, должен проходить по наиболее крутым краям формы рельефа. Число точек на профиле должно быть не менее 5 и не более 10. Для сравнения результатов рекомендуется проложить на участке съемки 2—3 профиля. Неблагоприятным обстоятельством для вычисления плотности по гравиметрическим наблюдениям является совпадение экстремальной точки рельефа с экстремальной точкой аномалии силы тяжести. Для получения приближенного представления о характере изменения аномалий силы тяжести и установления, к какому из изложенных случаев ее форма относится, рекомендуется предварительно вычислить аномалию Буге с ориентировочным значением плотности $\sigma$.

Плотность поверхностных пород можно определять путем наблюдений с гравиметром на склонах и дне оврагов и т. п.

Плотность пород при этом вычисляют по формуле:

$$\sigma = \frac{11{,}95}{h_{1,2}} \left( \Delta g_{1,2} + 0{,}3086 h_{1,2} \right), \qquad (9)$$

где $\Delta g_{1,2}$ — приращение силы тяжести между верхней и нижней точками наблюдений (с соответствующим знаком);

$h_{1,2}$ — вертикальная мощность слоя, заключенного между верхней и нижней точками наблюдений, *м*.

Определение плотности по разрезу производится путем гравиметрических наблюдений в шахтах с обычными сухопутными гравиметрами на нескольких горизонтах. По результатам этих наблюдений с помощью уравнения (9) вычисляется среднее значение плотности пород, заключенных между горизонтами.

По всем остальным вопросам, связанным с определением плотности пород и обработкой материалов, следует обращаться к соответствующим инструкциям и другим источникам.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 8*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ И ПОДГОТОВКЕ К ИЗДАНИЮ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ КАРТ

1. Означенные карты составляются по трапециям общесоюзной разграфки. Для составления карт аномалий силы тяжести (гравиметрических карт) используются:

а) окончательно обработанные результаты гравиметрических (с гравиметрами, вариометрами и градиентометрами) работ, обеспечивающих избранное сечение карт; следует использовать также профильные съемки соответствующей густоты и точности;

б) отчеты о перечисленных выше работах;

в) каталоги и схемы расположения опорных гравиметрических точек всех классов.

Материалы, указанные в пунктах б и в, берутся из окончательно утвержденных отчетов.

2. Составлению карты предшествует:

а) сбор гравиметрических материалов по соответствующему листу карты, составление схемы гравиметрической изученности и таблиц с характеристикой съемок;

б) оценка надежности используемых материалов и правильности гравиметрических карт, прилагаемых к отчетам партий и экспедиций;

в) составление каталога и схемы расположения опорных гравиметрических точек для соответствующего листа;

г) проверка правильности привязки съемок к общегосударственному уровню силы тяжести и взаимной увязки съемок;

д) определение сечения изоаномал.

3. В настоящее время государственным уровнем силы тяжести в СССР служит система уравненных отметок силы тяжести опорной сети Института физики Земли АН СССР, состоящей из точек класса А и первого класса. На этой основе развиваются ведомственные или местные опорные сети второго и третьего класса. Поэтому необходимо проверять привязку, хотя бы одной из местных опорных (или узловых) точек каждой съемки к опорной точке ИФЗ или к местной опорной точке второго класса, непосредственно связанной с опорной сетью ИФЗ. При отсутствии такой привязки перед соответствующими организациями ставится вопрос о ее выполнении. Проверяется также взаимное соответствие уровней разных съемок и, в случае несоответствия, вносятся исправления, необходимые для приведения всех съемок к единому государственному уровню. О всех исправлениях необходимо извещать научно-редакционную комиссию ВНИИГеофизики.

4. Карты составляются в редукции Буге с единой средней плотностью промежуточного слоя, равной 2,3. Если аномалии какой-либо съемки вычислены исполнителем при другой плотности, они перевычисляются для каждой точки.

5. Изоаномалы (линии равных аномалий) силы тяжести избранного сечения проводятся путем линейной интерполяции между отметками аномалий

с последующим согласованием с общим характером поля, но без нарушения соответствия между отметками изоаномал и точек. Исключением могут являться лишь отдельные точки, отметки которых находятся в противоречии с окружающими и общим характером поля; отметки таких точек могут не приниматься во внимание при проведении изоаномал, но обязательно оставляются на карте с выделением из общей массы двоеточием (после отметки). Такие «отскакивающие» точки должны подвергаться специальному анализу.

6. Специальную нагрузку карты составляют: гравиметрически точки (опорные, узловые, рядовые) с отметкой аномалии Буге, изоаномалы силы тяжести со своей оцифровкой и в случае съемки с вариометрами и градиентометрами — векторы горизонтального градиента силы тяжести.

Все гравиметрические точки наносятся по координатам. При наличии хорошо сохранившихся отчетных карт того же масштаба (с координатной сеткой, точность нанесения которой соответствует этому масштабу) допускается простое копирование расположения точек с выборочным контролем координат 10% точек.

Опорные гравиметрические точки изображаются пунсонами диаметром 2 *мм*, все остальные гравиметрические точки — диаметром 1 *мм*; при отсутствии на каком-либо участке опорной сети или при замене ее системой узловых точек, последние получают какое-то отличие от рядовых точек. Рядом с пунсонами, по возможности справа, помещается отметка аномалии Буге с точностью до ±0,1 *мгл*, со знаком плюс или минус.

Изоаномалы изображаются линиями толщиной 0,15 *мм*, каждая пятая из них (при двухмиллигальном сечении 0, ±10, ±20 и т. д., при миллигальном сечении 0, ±5, ±10, ±15, и т. д.) — 0,35 *мм*. Оцифровка изоаномал (со знаком плюс или минус) дается как на их концах, так и в перерывах. Густота оцифровки должна быть достаточной для уверенного ее опознавания на всех участках карты.

Векторы горизонтального градиента силы тяжести наносятся в масштабе 20 или 40 этвеш в одном сантиметре и изображаются стрелками с пунсонами диаметром 1 *мм* в основании стрелки.

При очень большой детальности съемки, делающей невозможным изображение на карте всех точек, ограничиваются для таких участков лишь изоаномалами, помещая в качестве приложения к данному листу дополнительные гравиметрические карты детальных участков более крупного масштаба со всеми точками.

Вся специальная нагрузка выполняется черным цветом.

7. В качестве топографической основы гравиметрической карты используется топографическая основа государственной геологической карты того же масштаба.

Для облегчения чтения специальной нагрузки ситуация топографической основы выполняется слабым цветом (серым, оливковым или другим).

При раскраске карты положительные аномалии изображаются теплыми тонами (коричневые, красноватые), отрицательные — холодными (зеленые, голубые).

Заголовок карты помещается в середине верхнего поля листа и состоит из следующего:

Министерство геологии и охраны недр СССР

Гравиметрическая карта

Редукция Буге ($\sigma$=2,3)

Нормальная формула Гельмерта 1901—1909 гг.

Масштаб

Номенклатура листа

Над левым углом верхней рамки указывается год составления (издания) карты). Внизу карты оставляется большое поле, на котором в середине помещается схема гравиметрической изученности данного листа в мелком масштабе. На схеме показываются один-два населенных пункта, две-три реки

и контуры площадей (отдельные профили) съемок, использованные при составлении данного листа карты. Каждому контуру присваивается номер в хронологической последовательности.

Справа от схемы помещается таблица с общими сведениями о гравиметрической изученности. Здесь, в соответствии с номерами контуров, указывается наименование гравиметрической партии, выполнявшей съемку, фамилия начальника партии, наименование организации, тип приборов, густота сети и точность определений.

В случае подготовки карты к изданию между схемой изученности и рамкой приводится дата утверждения данного листа к изданию научно-редакционной комиссией ВНИИГеофизики. Здесь же указываются картфабрика, фамилия технического редактора, номер заказа, тираж и дата подписания к печати.

Под серединой нижней рамки помещается линейный масштаб карты. Под схемой изученности подписывается ее цифровой масштаб.

Слева под нижней рамкой указывается организация, составившая (подготовившая к изданию) данный лист, фамилии составителей и редактора, дата рассмотрения листа на НТС организации.

Ниже даются условные обозначения спецнагрузки, именно:

Опорная гравиметрическая точка . . . класса

Узловая гравиметрическая точка (при отсутствии опорных)

Рядовая гравиметраческая точка

Точка наблюдений с вариометром (градиентометром) и горизонтальный градиент силы тяжести (1 *см* = 20 или 40 Е)

Изоаномалы силы тяжести

Опорная гравиметрическая точка ИФЗ АН СССР

Указывается сечение изоаномал и шкала раскраски карты. За рамкой даются поправки для перехода к нормальной формуле Кассиниса 1930 г.

При издании карты каждый лист (или группа листов) сопровождается объяснительной запиской, содержащей основные сведения, характеризующие использованные материалы и главные положения и выводы геологической интерпретации гравиметрической карты.

# СОДЕРЖАНИЕ

Стр.


**Часть I. Общие положения, проектирование и организация гравиметрических работ** . . . . . 3

Задачи, условия и виды гравиразведки . . . . . 3
Требования к проектированию и организации работ . . . . 6

**Часть II. Методика полевых гравиразведочных работ** . . . . 11

Съемка с гравиметрами . . . . . 13
Съемка с вариометрами и градиентометрами . . . . . 20
Требования к топографо-геодезическому обоснованию и закреплению гравиметрических точек . . . . . 23
Технический контроль и оценка работ . . . . . 25

**Часть III. Камеральная обработка, интерпретация и техническая отчетность** . . . . . 32

Камеральная обработка . . . . . 32
Интерпретация гравиметрических материалов . . . . . 35
Техническая отчетность . . . . . 36

*Приложение 1* Требования к морским гравиметрическим работам 38

*Приложение 2.* Требования к работе с гравиметрами-высотомерами 40

*Приложение 3.* Требования к работе с гравитационными градиентометрами . . . . . 43

*Приложение 4.* Формы полевых журналов . . . . . 46

*Приложение 5.* Формы журналов для вычислений . . . . . 49

*Приложение 6.* Образцы кроки опорных гравиметрических точек. 59

*Приложение 7.* Наставление по определению плотности горных пород гравиметрическими партиями в поле . . . . . 60

*Приложение 8.* Технические требования к составлению и подготовке к изданию гравиметрических карт . . . . . 67

*Министерство геологии и охраны недр СССР*
ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ПО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКЕ

Редактор издательства *А. Г. Столяров*
Технический редактор *О. А. Гурова*
Корректор *Т. А. Кондратьева*

Сдано в набор 26/XI 1960 г.
Подписано к печати 17/IV 1961 г.
Формат бумаги $60\times90^{1}/_{16}$
Бум. л. 2,25. Печ. л. 4,5. Уч.-изд. л. 4,1.
Т 04551 Тираж 15 000 экз.
Зак. 968 Цена 14 коп.

Картфабрика Госгеолтехиздата
Ленинград, В-26, 19-я линия, д. 20

## ОПЕЧАТКИ

| Страница | Строка | Напечатано | Следует читать |
|---|---|---|---|
| 33 | 6 снизу | точками | точек |
| 50 | форма 7, графа 3 | $t_{нор}$ | $t_{нар}$ |
| 51 | форма 8, графа 5 | $t_{нор}$ | $t_{нар}$ |
| 53 | 2 снизу | $= W_{xz}$ | $W_{xz} =$ |
| 53 | 6 графа справа | $-B_{315}$ | $+B_{315}$ |
| 53 | 2 графа справа | $-B_{135}$ | $+B_{135}$ |
| 64 | 9 снизу | 0,0149 | 0,0419 |
| 64 | 1 снизу | $+a_3 x$ | $a_3 x_1^3$ |

Зак. 529/968

gost.e-ecolog.ru