

Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 6 — 1968

ХРОНИКА

Н. П. ГРУШИНСКИЙ

ГРАВИМЕТРИЧЕСКАЯ СЛУЖБА АВСТРАЛИИ

Гравиметрическая изученность мира очень неравномерна. Наряду со странами и даже континентами, полностью покрытыми густой, равномерной и точной гравиметрической съемкой, каковы например Америка и Европа, ряд стран имеет небольшое число бессистемно расположенных гравиметрических станций, не дающих хорошего представления об их гравитационном поле. Весьма смутные представления мы имеем о гравитационном поле Южной Америки, Африки, значительной части Азии, тем более Антарктиды, не говоря уже об океанах. На этом фоне появление новых гравиметрических съемок в ранее мало изученных областях, а тем более больших массивах, однородно покрытых гравиметрическими пунктами, представляет большой интерес.

Такой страной, длительное время почти не изучавшейся в гравиметрическом отношении и вдруг оказавшейся близкой к почти полному гравиметрическому покрытию, оказалась Австралия.

Английская колония до 1901 г., Австралия длительное время не имела возможности развивать свою промышленность. Слабая геологическая изученность и отсутствие открытых месторождений нефти ограничивало интерес к гравиметрическим исследованиям, а обширность территории и исключительно редкое население делало их весьма трудными. Однако, как это часто бывает со странами, поздно ставшими на путь самостоятельного развития при высоком уровне культуры, Австралия, не сдерживаемая старыми традициями и старой техникой, начала бурно развиваться и в ряде областей промышленности и науки достигла высокого уровня. Эта общая тенденция, а также открытие в Квинсленде (Восточная Австралия), а позже и в шельфовых областях северного побережья континента нефтяных и газовых месторождений и перспективных в смысле нефтедобычи областей, вызвали большой интерес к геофизическим методам исследований, в частности, к изучению гравитационного поля страны. И сейчас Австралия оказалась страной, целым континентом, обладающим близкой к завершению, равномерной, однородной, выполненной по единому плану гравиметрической съемкой.

При выполнении гравиметрических съемок в Австралии возникают те же проблемы, что при подобных работах у нас. Страна заселена очень неравномерно. Только восточная и юго-восточная части континента заселены довольно густо. Вся центральная, северная и в основном западная части континента практически не заселены. Отсюда отсутствие сети дорог на территории, превосходящей 70% общей площади континента. Огромные территории Центральной, западной и южной Австралии представляют собой пустыню или полупустыню с жарким климатом, в которой возможно работать только в короткие зимние месяцы. Северные и северо-восточные районы покрыты густыми лесами и тоже не имеют сети дорог. Большинство рек имеет сезонный характер и, как правило, пересыхает летом, а весной, в период дождей, «вспухают» и не могут быть использованы в качестве путей передвижения. Континент расположен между 114 и 154-м градусами восточной долготы и 12 и 33-м градусами южной широты протяженностью 3000 км с севера на юг и 4000 км с запада на восток. Таким образом при выполнении гравиметрических съемок только нормальное гравитационное поле изменяется на полтора гала. Значит при выполнении гравиметрических съемок остро стоит проблема эталонирования гравиметров. Значительные области

страны не обеспечены надежными топографическими картами, отсюда огромные трудности в определении координат и высот пунктов.

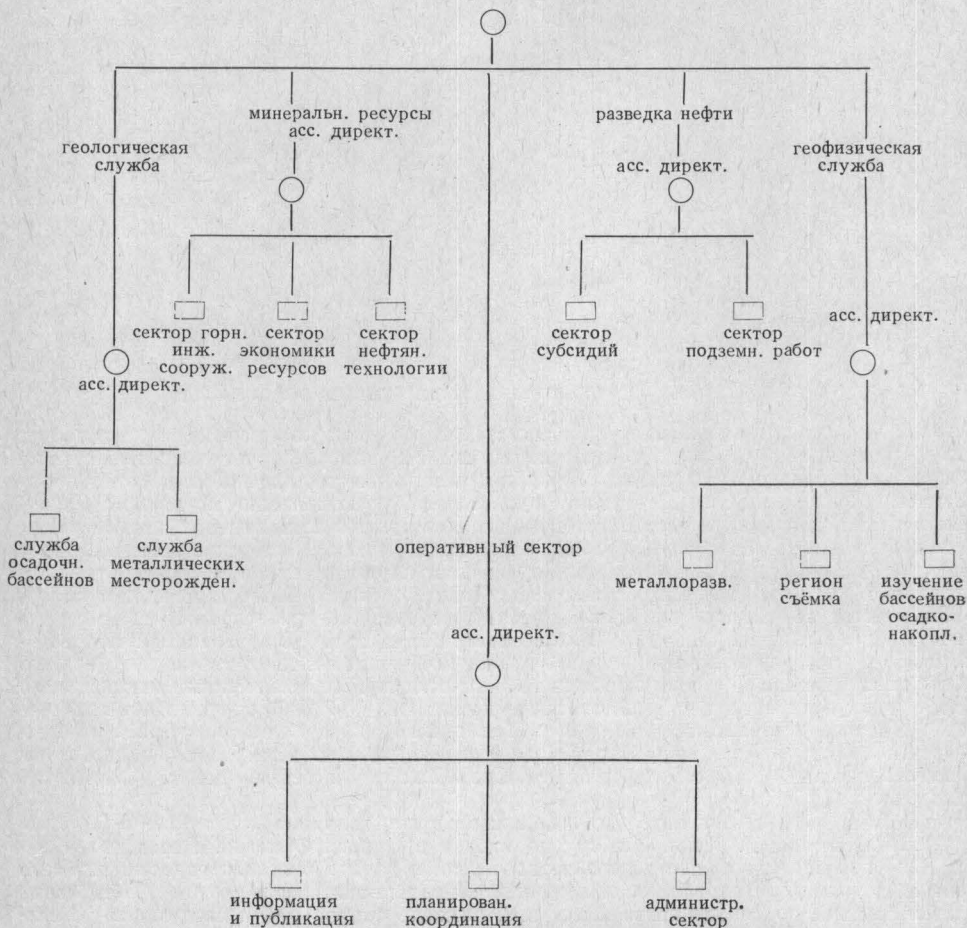
Однако Австралия в основном страна равнинная, сравнительно небольшая часть ее покрыта горами, причем горы эти не высоки. Это облегчает задачу определения высот и в большинстве случаев позволяет не вводить топографическую поправку.

Гравиметрические исследования начали выполняться в Австралии в широком плане после второй мировой войны. В 1950—1951 гг. Д. Дули была предпринята первая работа по созданию опорной маятниковой сети. С 1951 по 1959 г. было произведено уточнение ее. В 1962 г. было опубликовано общее описание гравитационного поля континента, иллюстрируемое осредненной гравиметрической картой в аномалиях Буге. Эта карта построена на основе редкой сети маятниковых пунктов и некоторого числа гравиметровых профилей и отдельных групп детальных гравиметрических съемок. Карта строилась по осредненным в пределах одноградусных площадок аномалиям. Сами авторы рассматривали ее как предварительную. Начиная с 1963 г. австралийские гравиметристы приступили к планомерной гравиметрической съемке, имеющей целью создание единой системы опорных пунктов и построение генеральной гравиметрической карты в масштабе основных геологических и тектонических карт.

Гравиметрические работы Австралии в основном централизованы. Организацией, ведущей в стране эти работы, является Бюро минеральных ресурсов (БМР). Это основная государственная организация, выполняющая все геологические и геофизические исследования и подготовляющая месторождения к эксплуатации. В функции БМР входит: разведка и изучение месторождений полезных ископаемых, подсчет запасов и подготовка предложений по эксплуатации месторождений, интерпретация результатов разведки и поиски путей возмещения недостатка того или иного минерального сырья и выработка рекомендаций по вопросам экономического использования полезных иско-

Бюро минеральных ресурсов

Директор БМР



паемых в Австралии, выполнение всей геологической и геофизической службы. Для осуществления этих функций БМР производит региональную и детальную геологическую съемку, проводит геофизическую, гравиметрическую и магнитную съемки, проводит разведочное бурение и основные исследования в области земного магнетизма, вулканологии и сейсмологии, а также организует для этой службы обсерватории. БМР осуществляет техническое и технологическое обслуживание добывающей промышленности (производит необходимые исследования в шахтах и на нефтяных месторождениях), рассматривает экономическую сторону организации добывающей промышлен-

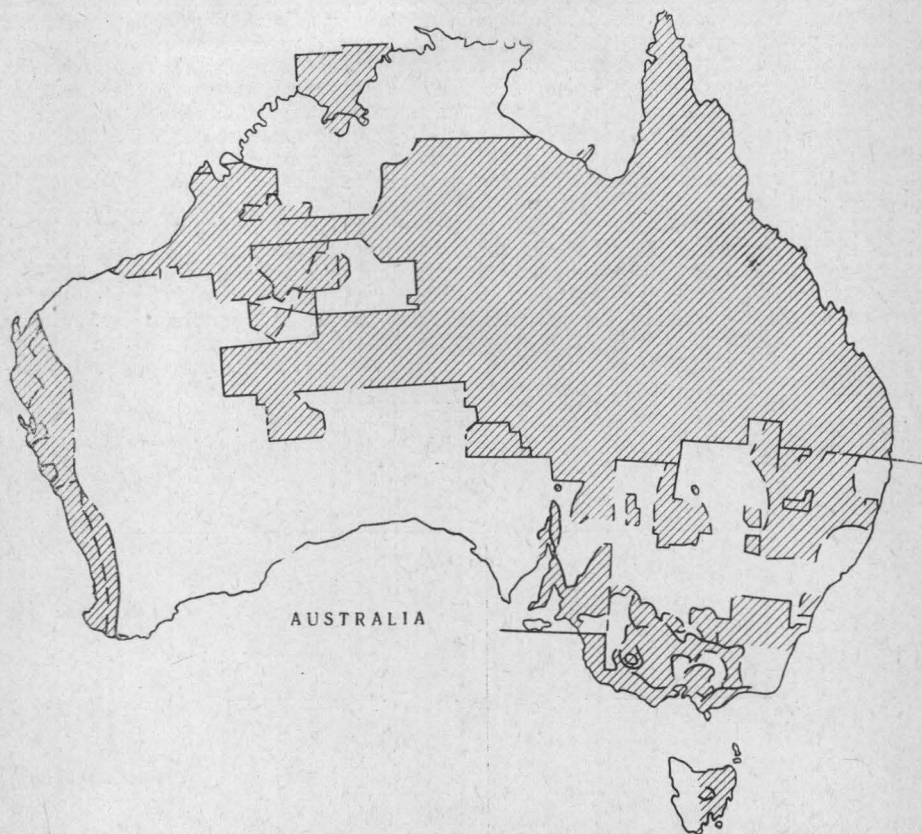


Схема-карта гравиметрических пунктов в Австралии

ленности (включая номенклатуру продукции, цены и тенденции развития), осуществляет технологическую и техническую консультацию. БМР консультирует правительство по вопросам, связанным с размещением и эксплуатацией месторождений и работой добывающей промышленности, представляет правительству рекомендации по вопросам закупки и продажи и контроля за добычей и использованием всех минеральных ресурсов, организует необходимые лаборатории, библиотеки, музеи, мастерские и приобретает необходимое оборудование, prepares and issues maps, reports and materials on all matters falling within the competence of the Bureau. Таким образом, БМР выполняет функции Министерства геологии и является единственным органом, где сосредоточиваются все работы по геологии и геофизике для всей страны в целом. Управление и подразделения БМР построены по прилагаемой схеме. БМР осуществляет также координацию работ всех учреждений, занимающихся геологическими и геофизическими изысканиями. Это в основном университеты и нефтяные компании. Довольно большие объемы гравиметрических исследований выполняет Тасманский университет, ведущий гравиметрические съемки в Тасмании, Новой Гвинее и Папуа. Небольшие объемы детальнейших гравиметрических съемок в районе Сиднейского бассейна ведет Сиднейский университет.

В БМР имеется сравнительно небольшая группа гравиметристов (около 30 человек), руководимая Д. Дули. Эта группа входит в отдел геофизики. Перед гравиметрической группой сейчас поставлена первоочередная задача создания равномерной сети гравиметрических пунктов на всем континенте, представляющей в первом приближении гравитационное поле континента и могущей служить опорой для последующих деталь-

ных гравиметрических съемок. В соответствии с проектом станции этой сети точек располагаются по равномерной квадратной сетке с расстоянием между пунктами 10 миль (16 км), т. е. один пункт приходится на 250 кв. км или на один кв. градус приходится 90 пунктов. Стандартным прибором для выполнения этой съемки является гравиметр Лакоста Ромберг с применением в качестве транспорта вертолетов. Первым этапом этих работ было создание опорной сети (Б. Барлоу), пункты которой определялись по широтным маршрутам. Этим достигалось наименьшее влияние ошибок калибровки гравиметров. В дальнейшем все эти маршруты были связаны четырьмя гравиметрами, проэталонированными на калибровочных полигонах, входящих в систему мировых опорных пунктов. Одновременно были улучшены значения на основных пунктах этих полигонов. Один такой полигон идет от Сингапура вдоль восточного побережья Австралии через Кернс, Таунсвилл, Брисбен, Сидней, Канберру, Мельбурн на Кристчерч на Новой Зеландии. Другой — через центральную Австралию — от Кристчерча на Аделаид, Элис Спрингс, Теннант-Крик, Дарвин. На западном побережье опорным пунктом является Перт. Точность определения силы тяжести на пунктах опорной сети выдерживается с ошибкой $\pm 0,1-0,2$ мгл. Во время работ по созданию калибровочных полигонов была выявлена ошибка масштаба, равная $16 \cdot 10^{-5}$, и таким образом уточнено значение австралийской гравиметрической системы, теперь практически совпадающей с европейской.

В таблице приведены значения силы тяжести на основных пунктах опорной сети Австралии. Точность этих пунктов характеризуется средней квадратической ошибкой $\pm 0,1$ мгл.

№	Пункт	Широта	Долгота	Высота, м	Сила тяжести
1	Мельбурн	37 47,2	144 53,5	34,7	979 979,0
2	Канберра	35 16,8	149 07,7	565,7	979 616,9
3	Сидней	33 53,4	151 11,4	29,6	979 685,7
4	Вага	35 07,5	147 22,0	212,1	979 672,4
5	Аделаид	34 55,2	138 36,2	32,9	979 723,7
6	Перт	31 58,9	115 48,8	5,2	979 394,4
7	Дарвин	12 25,3	130 51,7	18,6	978 316,2
8	Теннант-Крик	19 38,9	134 11,2	376,4	978 528,4
9	Элис Спрингс	23 48,1	133 52,7	546,5	978 653,7
10	Брисбен	27 30,0	153 00,8	21,3	979 169,8
11	Мериборо	25 31,0	152 48,0	10,7	979 021,6
12	Рокхемптон	23 22,8	150 30,8	13,1	978 870,5
13	Клермонт	22 49,0	147 38,0	267,6	978 776,1
14	Таунсвилл	19 15,5	146 46,0	4,6	978 624,0
15	Кернс	16 53,0	145 45,0	2,7	978 500,7

На основе сети опорных пунктов строится вертолетная гравиметрическая съемка, которая ведется планомерно. Геодезической основой пунктов вертолетной сети служат контактные отпечатки аэрофотоснимков масштаба 1 : 50 000. Аэрофотосъемка является обязательным первым этапом гравиметрических работ. Гравиметрические пункты, опознанные по контурам местности на контактном отпечатке, переносятся на стандартные листы карты масштаба 1 : 250 000. С этих стандартных листов снимаются геодезические координаты пунктов. Высотные определения производятся главным образом методом барометрического нивелирования.

Обработка результатов наблюдений ведется с помощью ЭВМ в три этапа. Один массив перфокарт составляется по данным высотных определений. На перфокарты заносятся исходная высота, отсчеты баронивелиров, температура, поправки за градиент. По этим данным вычисляются высоты над уровнем моря. Следующим этапом является вычисление g наблюдаемого по отсчетам гравиметров, значениям смещения нульпункта и времени, которые заносятся на второй массив перфокарт. Последним этапом вычислений является получение аномалий силы тяжести по g наблюдаемому, широте, высоте, нормальной формуле и различным значениям плотностей промежуточного слоя. Массив перфокарт с этими данными является основным рабочим массивом. В результате обработки ЭВМ печатает на листе каталог, содержащий № пункта, широту, долготу, высоту, g наблюдаемое, поправки в свободном воздухе и Буге и аномалии в свободном воздухе и Буге с плотностями 1,9, 2,1, 2,3, 2,5 и 2,7 г/см³. Можно считать, что точность гравиметрических определений характеризуется вероятной ошибкой $\pm 0,1 - \pm 0,2$ мгл. С учетом ошибок исходных пунктов эта ошибка возрастает до $\pm 0,3$ мгл. Точность определения высот в равнинных местах в малообжитых районах характеризуется вероятными ошибками порядка ± 7 футов (± 2 м), а в горных $\pm 12-15$ футов ($\pm 4-5$ м). Таким образом, ошибка определения аномалий составляет в областях, имеющих хорошую топографическую основу, например в юго-восточной

Австралии, $\pm 0,3-0,5$ мгл, а в необжитых районах снижается до $\pm 0,6-1,2$ мгл. Точность собственно гравиметрических определений на порядок выше и составляет $\pm 0,05-0,1$ мгл.

Равномерной сетью гравиметрических пунктов в настоящее время покрыто около $\frac{2}{3}$ континента (зашифрованные области на карте). Завершение работ планируется на начало семидесятых годов. На основании вертолетной съемки строятся рабочие карты масштаба 1:500 000, а также генеральная карта масштаба 1:2 500 000 в аномалиях Буге. Кроме этих основных гравиметрических работ ведутся в небольшом объеме в ряде областей, перспективных в смысле нефтегазоносности или в металлогенических провинциях, детальные гравиметрические съемки. Их детальность определяется поставленными задачами. Стоимость одного гравиметрического пункта детальной съемки с определением высот составляет примерно 20 долларов. Стоимость вертолетного пункта без определения высот составляет примерно — 40 долларов и с высотным обоснованием — 80 долларов.

Кроме работ на континенте австралийцы ведут съемки в Новой Гвинее, на Папуа и в Тасмании. Эти работы ведет в основном университет Тасмании и БМР. В настоящее время гравиметрической съемкой покрыта восточная половина Тасмании. На Новой Гвинее съемками покрыта значительная часть острова, находящаяся под протекторатом Австралии. За последние годы выполнены связи островов Науру, Рождества, Кокосовых, Лорд Хоула, Океанических. Эти гравиметрические работы так же, как и детальные съемки, выполняются гравиметрами Лакоста Ромберг и Уорден.

В настоящее время Австралия начинает широко вести морские гравиметрические измерения в основном в шельфовых областях океана. Так, в 1965—1966 гг. были выполнены такие съемки в районе моря Тимора и в заливе Бонапарта. Наблюдения в основном проводились набортными гравиметрами Лакоста Ромберг с непрерывной регистрацией. В этой области было записано 3740 миль гравиметрических профилей и выставлено 58 донных опорных станций. Запись велась траверсами, отстоящими друг от друга на 10 миль и имеющими широтное простирание. Точность определения g по сравнению с донными опорными пунктами получена $\pm 2,0$ мгл. Наблюдения проводились на судне «Moogah» 125 т водоизмещения (без груза). Австралийские гравиметристы выполняли также маятниковые гравиметрические съемки на подводных лодках. Так, в 1963 г. такая работа была осуществлена С. Гансоном в юго-западной части Тихого океана на английской подводной лодке «Телемахус». Маршрут пересекал все наиболее интересные структуры этой области.

В Австралии не создают собственную гравиметрическую аппаратуру. Ее покупают в других странах, в основном в Америке. Поэтому австралийская гравиметрия находится в тесной зависимости от иностранной промышленности, но в то же время поэтому съемки последних лет весьма однородны и точны. Старые маятниковые определения, положенные в основу составленной несколько лет назад обобщенной гравиметрической карты Австралии, в аномалиях Буге сейчас считаются самими австралийцами безнадежно устаревшими. В настоящее время пересоставляется новая гравиметрическая карта Австралии на основе вертолетной съемки. Ее выхода в свет можно ждать в начале семидесятых годов, по завершению генеральной гравиметрической съемки континента. К тому же времени, по-видимому, можно ожидать и полной сводки геодезических выводов: схемы геоида и уклонений отвесных линий. Этой стороной гравиметрических работ занимаются доктор Р. С. Мазер в университете Нового Южного Уэльса в Сиднее и в Технологическом колледже в Аделаиде. Австралийские гравиметристы, работающие в области геодезической гравиметрии, используют в своих работах методы Молоденского, книга которого «Внешнее гравитационное поле и фигура Земли» переведена на английский. В настоящее время ведутся вычисления средних аномалий для 1° и $0,5^\circ$ площадок, составление осредненных гравиметрических карт, разрабатывается методика применения рядов Фурье для вывода уклонения отвесных линий и высот геоида в ограниченных областях, где нерационально применение сферических функций.

В лаборатории национальных стандартов в Сиднее доктором Г. А. Беллом ведется подготовка к абсолютным определениям силы тяжести методом подбрасывания и падения с интерференционной регистрацией.

Систематические гравиметрические измерения ведут австралийцы в Антарктиде в районах полярных обсерваторий Уилкс и Моусон. Здесь в основном ведутся профильные съемки. Точность этих работ характеризуется средними квадратическими ошибками порядка $\pm 5 - \pm 10$ мгл, что обуславливается сложностью учета смещения нуля, температурных влияний, определения высот. Хотя австралийцы сделали маятниковые определения на станции Моусон, они считают наиболее надежным исходным значение, определенное Спаркманом на станции Уилкс с гравиметром Лакоста Ромберг.

В заключение можно отметить, что гравиметрические определения в Австралии ведутся на хорошем техническом уровне и в ближайшее время для этой недавно почти неизученной области мы будем иметь надежные гравиметрические карты в единой мировой системе.