

## ИЗУЧЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ХОДЕ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТ ИФЗ РАН НА КАМЧАТКЕ В 2014 ГОДУ

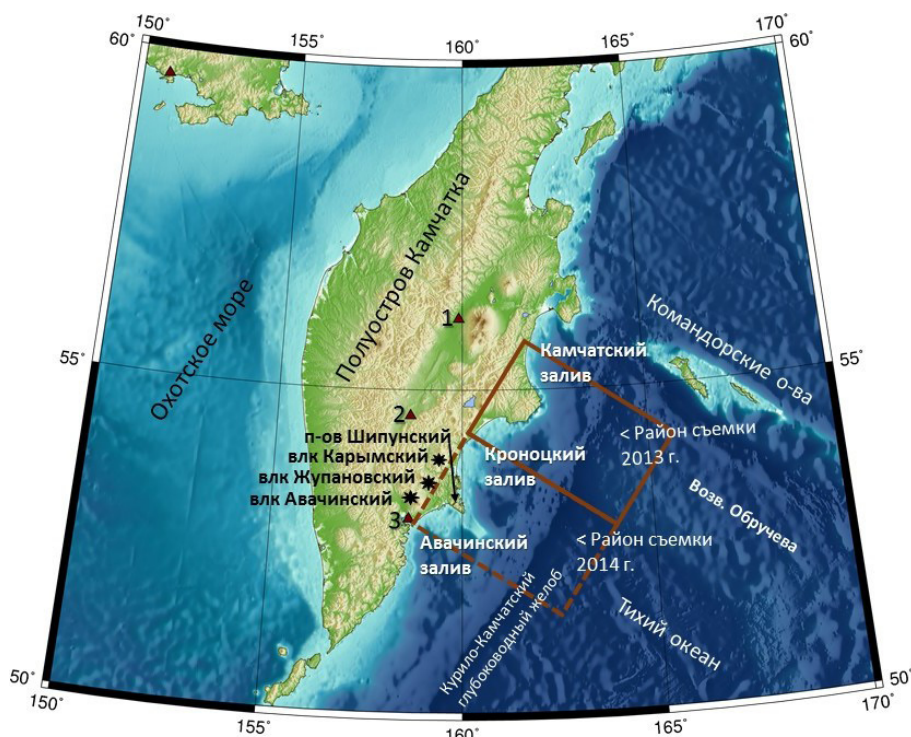
В 2013 г. коллектив лаборатории гравинерциальных измерений Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН) приступил к выполнению аэрогравиметрических исследований по уточнению фигуры Земли в области перехода «континент-океан» над акваторией Тихого океана вблизи восточного побережья Камчатки (Конешов и др., 2013).

В 2014 г. была проведена съемка участка акватории Тихого океана и прибрежных структур в районе полуострова Шипунский, а также Авачинского и Кроноцкого заливов (рис. 1).

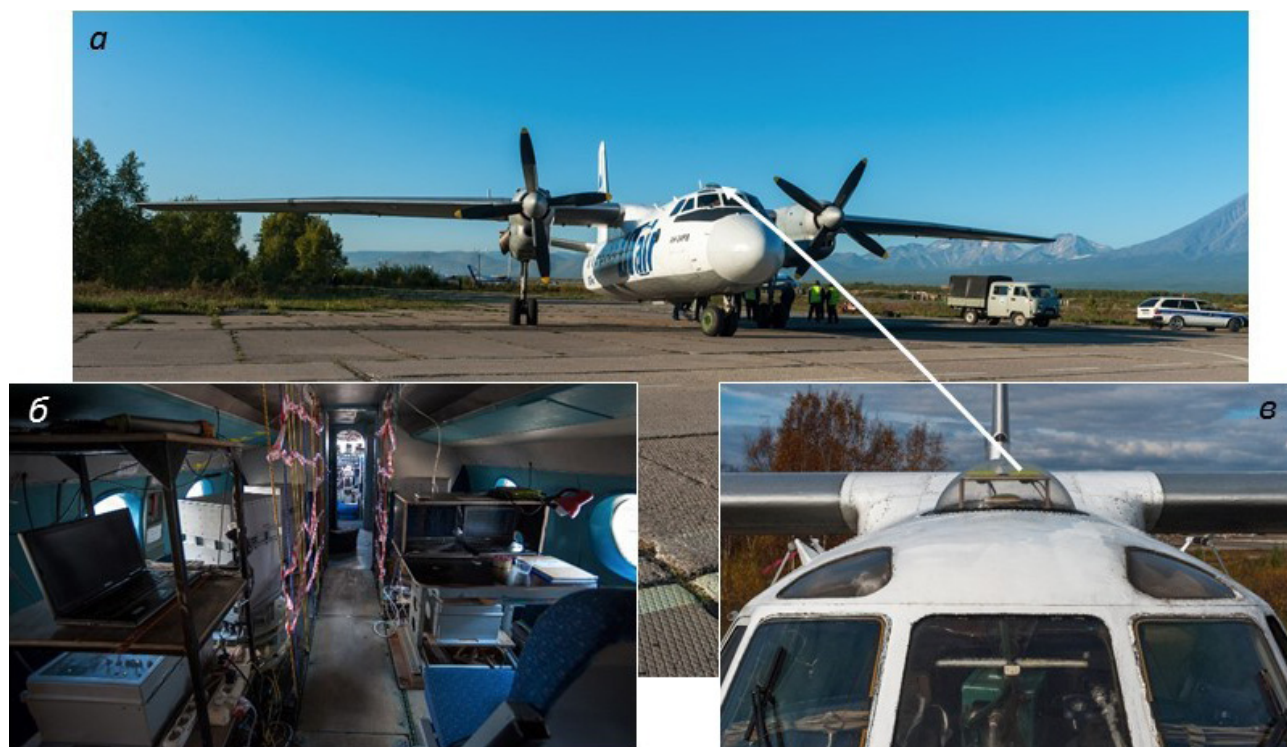
Исследования выполнялись с борта самолета АН-24РВ. Как и в 2013 г., полеты выполнялись из аэропорта «Петропавловск-Камчатский», г. Елизово. Измерения проводились с использованием гравиметрических комплексов типа GT-1A/2A (Абрамов и др., 2014; Гравиметр..., 2011) (рис. 2). Для обеспечения точного позиционирования измерений использовались GPS/ГЛОНАСС-приемоиндикаторы фирмы JAVAD. По согласованию с руководством Камчатского филиала Геофизической службы (КФ ГС) РАН

и Камчатского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Камчатское УГМС) наземные корректирующие базовые станции GPS (НКС) были размещены на гидрологическом пункте «Верхнекамчатск» вблизи п. Мильково, на сейсмической станции «Козыревск» в пос. Козыревск, а также в здании Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН в г. Петропавловск-Камчатский. Подробнее методические особенности проведения исследований на Камчатке обсуждались нами в (Конешов и др., 2013, 2014в). В течение 29 летних дней было выполнено более 39 тысяч погонных км съемки по сети профилей, расположенных вкост Курило-Камчатского глубоководного желоба с ортогональными им контрольными профилями.

В непосредственной близости от района работ находились вулканы Авачинско-Корякской и Дзензур-Жупановской групп, а также вулкан Карымский (рис. 1). В связи с этим съемки проводились на высотах 4300-4500 м, исходя из требований безопасности полетов.



**Рис. 1.** Схема расположения районов аэрогравиметрических съемок 2013 и 2014 гг. Треугольники с цифрами – наземные базовые станции GPS: 1 – сейсмостанция «Крутоберегово» КФ ГС РАН, 2 – гидропункт «Верхнекамчатск», 3 – Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.



**Рис. 2.** Внешний вид самолета-лаборатории на базе АН-24РВ (а) и размещение оборудования на борту (б, в): б – гравиметрические комплексы типа GT-2А; в – расположение GPS-антенн в блистере на фюзеляже самолета.

Во время выполнения аэрогравиметрических исследований наблюдалась вулканическая активность вулкана Жупановский. Периодические эксплозивные выбросы и газо-пепловые шлейфы не сказались на программе полетов, а хорошая видимость позволила сделать фотоснимки извержения (рис. 3-6). Также удалось запечатлеть вулкан Карымский во время газовой активности (рис. 7).

В результате работ на исследуемый участок построен макет карты аномалий силы тяжести в свободном воздухе масштаба 1:200 000 и создан гравиметрический каталог из 357 тыс. пунктов. В следующем году планируется продолжение исследований.

По сравнению с проведенными нами в 2006-2013 гг. аэрогравиметрическими исследованиями в Арктике, выполнение съемки над акваторией Тихого океана выявило ряд особенностей. Например, наличие высоких вулканических построек вблизи побережья и аэродрома обусловило выбор безопасной высоты полетов. Геотектоническое строение обуславливает наличие значительной положительной аномалии силы тяжести в редукции в свободном воздухе над горными массивами полуострова Камчатка и значительных отрицательных аномалий, приуроченных к Курило-Камчатскому глубоководному желобу (Конешов и др., 2014в). Наличие достаточно регулярной сети постоянных стационаров КФ ГС РАН и Камчатского

УГМС вдоль океанского побережья и восточнее реки Камчатки дает возможность рассчитывать на удачное размещение обслуживаемых корректирующих станций GPS в пределах полуострова. При этом, отсутствие островов в северо-западной части Тихого океана (южнее Командорских и Алеутских островов), не позволяет планировать равноудаленного по отношению к исследуемой площади расположения необходимых НКС при работах на значительном удалении от береговой линии. Последнее замечание представляется довольно выжным ввиду необходимости обеспечения высокого качества позиционирования съемки над океаном. В связи с этим, отдельно была поставлена задача определения степени ухудшения коррекции показаний подвижного GPS-приемника, обеспечивающего позиционирование измерений, в зависимости от удаления от НКС.

В сезоне 2013 г. в ходе перелетов из аэропорта базирования на Камчатку и обратно были выполнены измерения по маршруту Архангельск-Мирный-Магадан-Петропавловск-Камчатский (рис. 8). В качестве корректирующей станции на обратном перелете от Петропавловска до Мирного использовалась только одна базовая станция в ИВиС ДВО РАН. Анализ измерений по профилю показал хорошую воспроизводимость результатов, но не позволил сделать однозначных выводов о предельно допустимом удалении подвижного GPS-приемника от НКС.





**Рис. 3.** Извержение вулкана Жупановский из иллюминатора самолета. 14.09.2014. Фото А.В. Макушина.

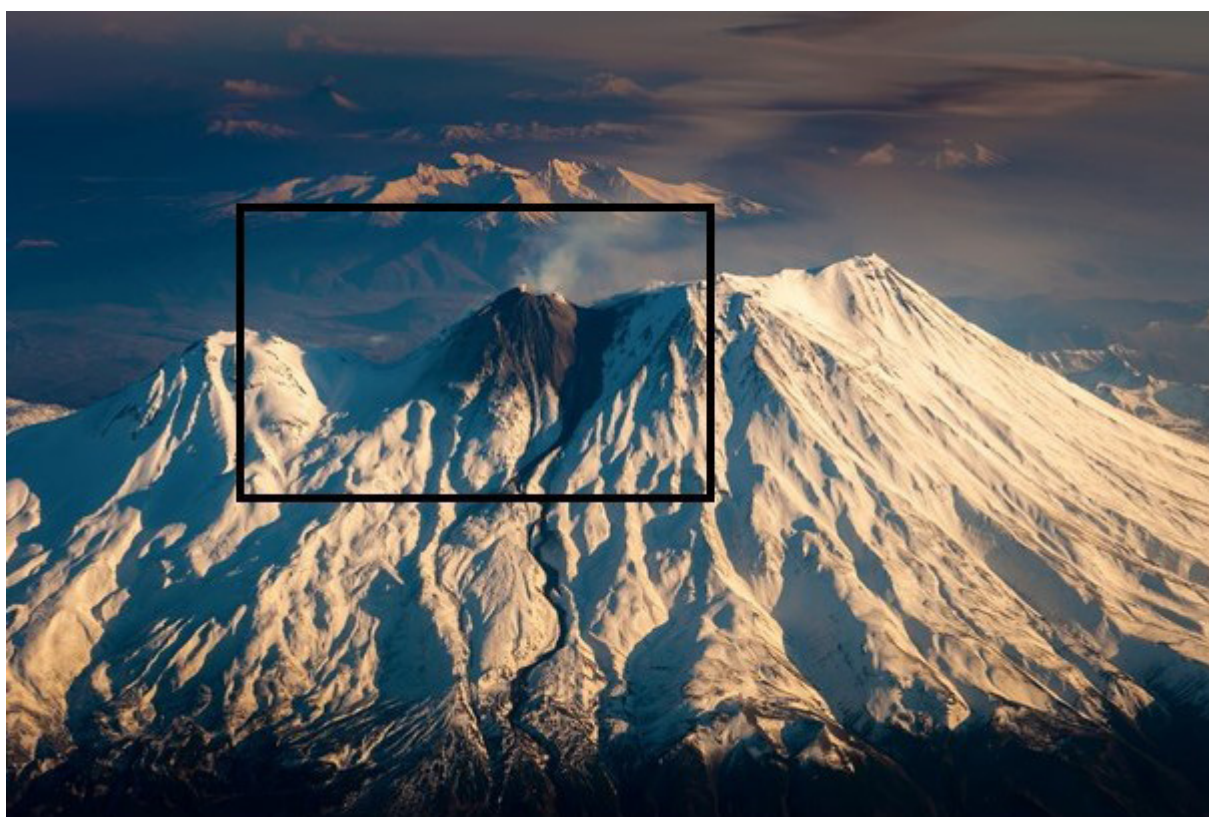


**Рис. 4.** Затишье на Жупановском. 18.09.2014г. Рамкой выделена область вулканической постройки, приведенная на рис. 3. Фото А.В. Макушина.





**Рис. 5.** Извержение вулкана Жупановский из иллюминатора самолета. Вид со стороны северного склона. 29.09.2014. Фото А.В. Макушина.



**Рис. 6.** Газовая активность на вулкане Жупановский. Вид со стороны Южного склона. 12.10.2014. Рамкой выделена область вулканической постройки, приведенная на рис. 3. Фото А.В. Макушина.





Рис. 7. Газовая активность вулкана Карымский. 14.09.2014. Фото А.В. Макушина.

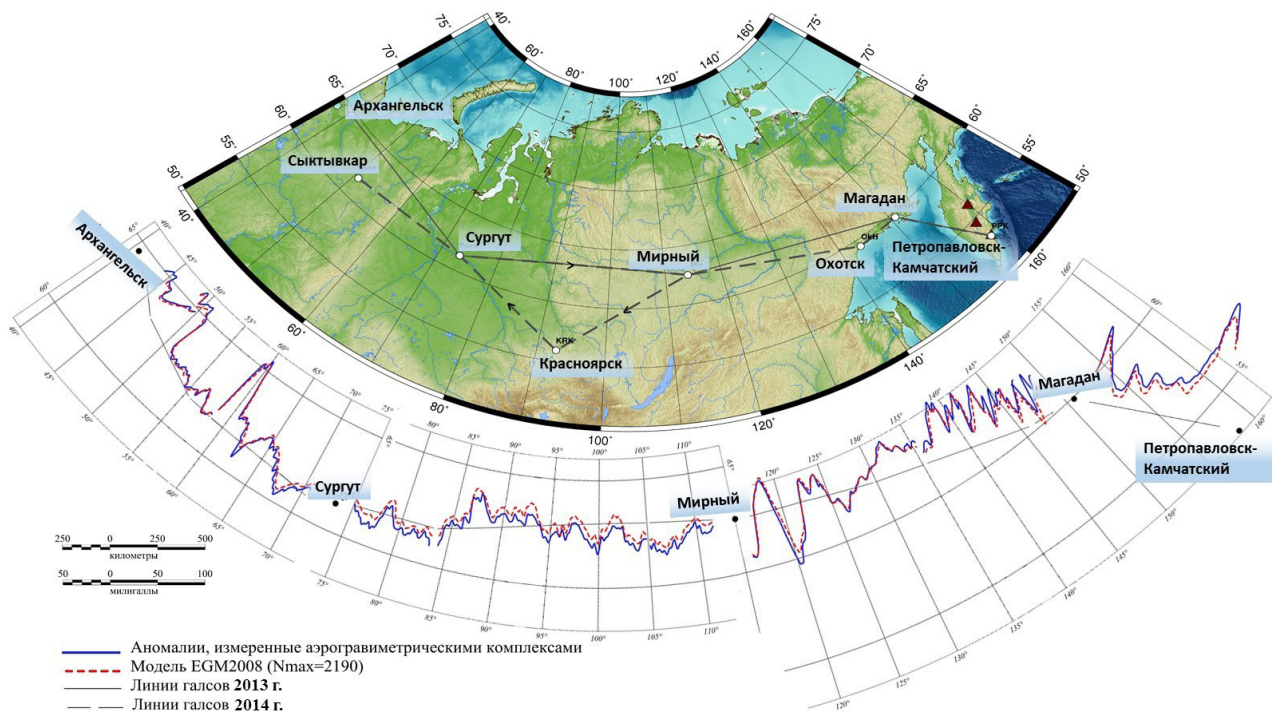


Рис. 8. Трансконтинентальные профили аномалий силы тяжести в свободном воздухе. Треугольниками обозначены базовые станции на Камчатке, кружками – аэропорты, через которые проходил перелет.

В последние годы большое внимание нашего коллектива уделяется анализу современных моделей гравитационного поля Земли. В частности, в работе (Конешов и др., 2014а) было показано, что за последние 15 лет их точность существенно выросла. Тем не менее, для получения более объективного и детализированного представления об аномалиях гравитационного поля определения возможных региональных несоответствий весьма целесообразно проведение сопоставлений моделей с материалами независимых съемок (например, аэрогравиметрических). С этой целью был использован профиль, отработанный на указанных транс-континентальных перелетах.

В работе (Конешов и др., 2014б) нами получено, что данные моделей гравитационного поля Земли более сглажены, а систематическая погрешность на значительной части профиля достигает 10 мГал и более. Сравнение спутниковых моделей с данными площадной съемки над акваториями Камчатского и Кроноцкого заливов, выполненной ИФЗ РАН в 2013 г. (Конешов и др., 2013, 2014в), показало, что со стороны площади, удаленной от береговой линии, и, соответственно, от базовых станций, не наблюдается роста систематических отклонений (Конешов и др., 2014б; Погорелов и др., 2014). При этом максимальные расхождения между модельным полем и наблюдаемым выявлены в области вулканических структур и на шельфе. Если в океаническом желобе и в области возвышенности Обручева расхождения составляют первые мГал, то в прибрежной полосе и в районе вулкана Кроноцкий наблюдаемые расхождения превысили 30 мГал.

Однако, выполненные исследования не позволили однозначно определить расстояние от базовой станции, с которого начинается существенное падение точности постобработки данных при использовании удаленной опорной станции GPS. Учитывая значимость данного вопроса для планирования и обработки материалов аэрогравиметрической съемки, в 2014 г. были проведены наблюдения на аналогичных перелетах с использованием двух базовых станций. В силу объективных причин был скорректирован маршрут полета – он пролегал через города Сыктывкар, Сургут, Красноярск, Мирный (Якутия) и Охотск (рис. 8). Это позволило получить дополнительные данные для сопоставления с существующими моделями гравитационного поля.

Измерения на длинных профилях могут быть использованы не только для уточнения методических приемов съемки, но и позволят создать сеть региональных профилей, пригодных для уточнения положения, а также оценки достовер-

ности современных моделей гравитационного поля Земли для конкретных регионов. В частности, по результатам аэрогравиметрических работ ИФЗ РАН 2013 г. над акваторией Карского моря было показано, что аналогичные профили могут успешно использоваться для оценки точности современных глобальных моделей поля в высоких широтах Арктики. Подобные исследования будут иметь особую важность при исследованиях на всех океанических акваториях Российской Федерации, а также в труднодоступных районах со слабо развитой инфраструктурой, расположенных в сложных географических и климатических условиях. Это обуславливает их актуальность для успешного выполнения гравиметрической съемки как в Арктической зоне Российской Федерации, так и на Камчатке.

Авторы выражают благодарность сотрудникам сейсмостанции «Козыревск», Отдела радиотелеметрических сейсмических станций Камчатского Филиала Геофизической службы РАН, а также гидрологического пункта «Верхнекамчатск» Камчатского УГМС за помощь в организации и проведении наблюдений на наземных корректирующих станциях.

Также мы искренне благодарны В.А. Рашидову за оказанное содействие в проведении исследований и дружескую поддержку.

Исследования выполнены при частичной поддержке Программы Президиума РАН 44П «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации» на 2014 г., Проект «Аэрогравиметрическая съемка в высоких широтах Арктики».

#### Список литературы

- Абрамов Д.В., Конешов В.Н.* О характеристиках и потенциальных возможностях чувствительного элемента гравиметра GT-2A // Сейсмические приборы. 2014. Т. 50. № 2. С. 39-44.
- Гравиметр GT-1A (GT-2A). Краткое учебное пособие. М.: ЗАО «Научно-техническое предприятие «Гравиметрические технологии». 2011. 120 с.
- Конешов В.Н., Абрамов Д.В., Дробышев Н.В. и др.* Аэрогравиметрические исследования ИФЗ РАН над акваторией Восточного побережья Камчатки осенью 2013 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 2. Вып. 22. С. 232-237.
- Конешов В.Н., Непоклонов В.Б., Сермягин Р.А., Лидовская Е.А.* Об оценке точности глобальных моделей гравитационного поля Земли // Физика Земли. 2014а. № 2. С. 129-138.

*Конешов В.Н., Непоклонов В.Б., Соловьев В.Н.*  
«Сравнение глобальных моделей аномалий гравитационного поля Земли с аэрогравиметрическими измерениями при транс-континентальном перелете // Гироскопия и навигация. 2014б. № 2. Вып. 85. С. 86-94.

*Конешов В.Н., Соловьев В.Н., Погорелов В.В. и др.*  
«Аэрогравиметрические исследования акватории Тихого Океана в районе полуострова Камчатка» // Геофизические исследования. 2014в. Т. 15. № 3. С. 5-12.

*Погорелов В.В., Соловьев В.Н., Виноградова О.Ю. и др.* Уточнение модели гравитационного поля Земли на акватории Тихого океана вблизи восточного побережья Камчатки по результатам аэрогравиметрических исследований» Материалы IV Всероссийской

конференции молодых ученых и специалистов «Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана» / Отв. Ред: О.Е. Смирнов, А.Г. Редько, И.П. Моргунова. СПб.: ФГУП «ВНИИОкеанология им. И.С. Грамберга», 2014. С. 18-20.

*В.Н. Конешов*, зам. директора ИФЗ РАН,  
профессор, д.т.н.;

*Д.В. Абрамов*, н.с. ИФЗ РАН;

*Н.В. Дробышев*, в.н.с. ИФЗ РАН, к.т.н.;

*Н.В. Кузнецова*, вед. инженер ИФЗ РАН;

*А.В. Макушин*, вед. инженер ИФЗ РАН;

*В.В. Погорелов*, ученый секретарь ИФЗ РАН,  
к.ф.-м.н.;

*В.Н. Соловьев*, с.н.с. ИФЗ РАН