

Направление 3. Луна и планеты земной группы, сравнительная планетология

Координаторы: А.Т. Базилевский Б.А. (ГЕОХИ), Иванов Б.А. (ИДГ)

3.1.	ПРОЕКТ 3.1. ЛУНА		
	Тема 3.1.1 Геохимико-геофизические модели состава, внутреннего строения и химической дифференциации Луны	ГЕОХИ РАН	Кусков О.Л.
	Тема 3.1.2. Анализ ресурсов воды на Луне перспективных для использования при освоении этого небесного тела	ГЕОХИ РАН	Базилевский А.Т.
	Тема 3.1.3. Радиолокационное зондирование поверхностных и подповерхностных структур грунта Луны и планет .	ФИРЭ РАН	Смирнов В.М.
	Тема 3.1.4. Магнетизм, тепломассоперенос и эволюция системы ядро-мантия в планетах земной группы и Луны	ИЗМИРАН	Старченко С.В.
3.2.	Проект 3.2. Марс		
	Тема 3.2.1. Изучение пространственной картины сезонного накопления льда воды в поверхностном грунте Марса и выяснение его абсолютного содержания при современных климатических условиях планеты.	ГЕОХИ РАН	Кузьмин Р.О.
3.3.	Проект 3.3. Венера		
	Тема 3.3.1. Анализ смены вулканических режимов Венеры как ключа к пониманию геологической эволюции этой планеты.	ГЕОХИ РАН	Иванов М.А. .
	Тема 3.3.2. Развитие систем и методов двухпозиционного зондирования атмосфер, поверхностей, грунта Венеры, планет и их спутников, с помощью бортовых и наземных радиосредств, а также мощных источников километрового и дециметрового радиоизлучения (Солнце, Земля, Юпитер, Сатурн и др.)	ФИРЭ РАН	Павельев А.Г.
	Проектов 3, Тем 7		

Проект 3.1. Луна

Тема 3.1.1. Геохимико-геофизические модели состава, внутреннего строения и химической дифференциации Луны

Методами математического моделирования исследованы ограничения на тепловой режим и содержание урана в Луне для модели магматического океана с условиями частичного плавления мантийного вещества в окрестности ядра. Решение обратной задачи основано на методе конверсии скоростей сейсмических Р-, S-волн с учетом стационарной модели теплопроводности. В результате работы:

(1) Определены области допустимых распределений температуры, мощности тепловых источников (концентрации урана) в мантии Луны, удовлетворяющие геофизическим и ограничениям в верхней мантии, а также условиям подплавления мантийного вещества в окрестности ядра.

(2) Валовые содержания урана в Луне в рамках предлагаемой модели магматического океана составляют около 19 ppb, что близко к оценкам для мантии Земли.

(3) Из расчетов следует, что величины тепловых потоков с поверхности Луны $J_{\text{Moon}} \sim 7-8 \text{ мВт/м}^2$ в 2-3 раза меньше, нежели по данным измерений экспедиций «Аполлон -15 и -17», согласно которым $J_{\text{Moon}} \sim 16-21 \text{ мВт/м}^2$.

Публикации за 2014 г.:

Kuskov O.L., V.A. Kronrod, Kronrod E.V. Thermo-chemical constraints on the interior structure and composition of the lunar mantle. *Phys. Earth Planet. Interiors* 2014. 235, 84-95, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pepi.2014.07.011>

Кронрод В.А., Кронрод Е.В., Кусков О.Л. Ограничения на тепловой режим и содержание урана в Луне по сейсмическим данным // Докл. Акад. Наук. 2014. Т. 455. № 6, 698-702.

Кронрод В.А., Кусков О.Л., Кронрод Е.В., Гудкова Т.В. Ограничения на состав Луны по сейсмическим данным и числам Лява. *Эксперим. Геохимия*, 2014. Т.2 стр. 75-80.

Кронрод Е.В., Кронрод В.А., Кусков О.Л. Распределение температуры и мощность тепловых источников в мантии Луны для модели частичного плавления мантии в окрестности ядра. *Экспериментальная геохимия*, 2014. Т.2 стр. 81-85.

Кронрод Е.В., Кронрод В.А., Кусков О.Л. Ограничения на тепловой режим и содержание урана в Луне для модели магматического океана с условиями частичного плавления мантийного вещества в окрестности ядра. В сб. к 80-летию М.Я.Марова, ИКИ (в печати).

Доклады на конференциях

E.V. Kronrod, V. A. Kronrod, O. L. Kuskov, Radioactive source intensity and surface heat flow of the Moon. Japanese - Russian Lunar - Planetary Workshop (JRLPW2014), Tokyo, 2014

E.V. Kronrod, V. A. Kronrod, O. L. Kuskov. Thermal state and uranium content in the lunar mantle. The Ninth European Planetary Science Congress (EPSC2014), 2014, Estoril, Portugal

V. A. Kronrod, O. L. Kuskov, E.V. Kronrod. The lunar composition, thermal state and core sizes for the models of the magma ocean // Jap-Rus. Lunar - Planetary Workshop (JRLPW2014), Tokyo, 2014

E. V. Kronrod, O. L. Kuskov, V. A. Kronrod, Possible temperature profiles of the lunar mantle The Fifth Moscow Solar System Symposium (5M-S³), 2014, Moscow

Кронрод Е.В., Кусков О.Л., Кронрод В.А. Содержание урана в мантии и величина поверхностных

тепловых потоков Луны. XIV международная конференция "Физ.-хим. и петрофиз. иссл. в науках о Земле", 2014, Москва.

Рук. О. Л. Кусков, чл-корр. РАН / ГЕОХИ РАН (ol_kuskov@mail.ru)

Тема 3.1.2. Анализ ресурсов воды на Луне перспективных для использования при освоении этого небесного тела

Выполнены выбор и характеристика мест посадки для российской миссии Луна-Глоб, которая представляет собой первый практический шаг освоения ресурса лунной воды. Выполнен обзор публикаций по содержанию воды и других летучих компонентов в образцах лунного реголита. Продолжен мониторинг экспериментальных данных по содержанию и формам нахождения летучих компонентов эндогенного происхождения— H₂O, S, F, Cl - в доставленных на Землю образцах вещества Луны. Кристаллохимически обоснована концепция дегидрогенизации как вероятного механизма образования пироксен-шпинелевых симплектитов в лунных породах (Хисина и др., 2014, в печати), которая позволяет рассматривать наблюдаемые в лунных породах симплектиты как признак присутствия H₂O в лунных магмах.

Публикации за 2014 г.

Дорофеева В.А., Базилевский А.Т. Содержание летучих компонентов в локальных магматических источниках на Луне. Экспериментальная геохимия, Т.2, № 1, с. 27-32.

Иванов А.В. Летучие компоненты в образцах лунного реголита. Обзор. Астрономический Вестник, 2014, том.48, № 2, с.120-138.

Иванов М.А, Абдрахимов А.М., Базилевский А.Т., Диксон Дж.Л., Хэд Дж.У., Чик Л., Виттен Дж., Зубер М.Т., Симт Д.Е., Мазарико Е., Нейш С.Д., Басси Д.Б.Дж., Геологический контекст потенциального места посадки экспедиции Луна-Глоб, Астрономический Вестник, 2014, том 48, № 6, с. 423-435.

M.A. Ivanov, H. Hiesinger, A.M. Abdrahimov, A.T. Basilevsky, J.W. Head, J-H. Pasckert, K. Bauch, C. van der Bogert, and, and P. Gläser, Landing site selection for Luna-Glob mission in crater Boguslawsky, Planetary and Space Science (в печати).

Hiesinger H., Ivanov, M., Pasckert J-H., Bauch, K. van der Bogert C., Geology of the Lunar Glob landing sites in Boguslawsky crater, Moon, 45th Lunar and Planetary Science Conference (2014). Abs. 2370.

Ivanov M.A., Hiesinger H., Abdrahimov A.M., Basilevsky A.T., Head J.W., Pasckert J-H., Bauch K., van der Bogert C. Landing site selection for Luna-Glob mission in crater Boguslawsky. The 5th Moscow Solar System Symposium, IKI RAS, Moscow, 2014, abs. 5MS3-MN-19.

Ivanov M, Head J., Hiesinger H., Bazilevskiy A., Pasckert J-H, Jan; Bauch K. Spatial and size-frequency distributions of boulders on the floor of crater Boguslawsky, the primary target of the Luna-Glob mission. 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow, 2014, Abstract B0.1-56-14.

Khisina N.R., Lorenz C.A., Habler G., Abart R., Ntaflos Th., Brandstaetter F. Chromite precipitation and chromite-orthopyroxene symplectites in the pyroxenite fragment from the Yurtuk howardite. Abstracts 45th Lunar and Planetary Science Conference (2014), Abs. 1777.

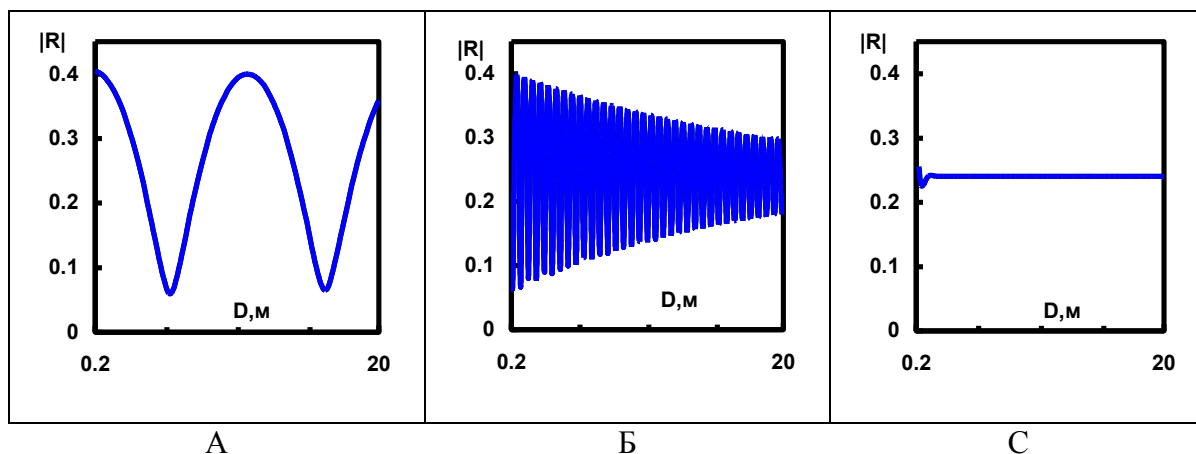
Хисина Н.Р., Лоренц К.А. Дегидрогенизация как механизм образования ориентированных шпинель-пироксеновых симплектитов и магнетит-гематитовых включений в оливинах земного и внеземного происхождения. *Петрология*, в печати.

Руководитель Базилевский А.Т., ГЕОХИ РАН, atbas@geokhi.ru

Тема 3.1.3. Радиолокационное зондирование поверхностных и подповерхностных структур грунта Луны и планет

На основе результатов численного моделирования определены диапазоны частот, на которых радиоволны несут максимальное количество информации о грунте Луны при наличии в нем хотя бы одной внутренней границы раздела между двумя породами с разными диэлектрическими проницаемостями, разработана методика определения глубины этой границы и оценки комплексной диэлектрической проницаемости геологических пород.

Для численного моделирования и теоретических оценок задачи распространения радиоволн в приповерхностном слое (прямой задачи) использовались результаты лабораторных исследований реального лунного грунта, доставленного с Луны. Исследования показали, что для частот выше 1 МГц диэлектрические свойства пород не зависят ни от частоты волны, ни от температуры на поверхности. На основе анализа результатов численного моделирования прямой задачи было показано, что для исследования средней части приповерхностного слоя толщиной от 0.2 до 20 м применимы частоты в районе 200 МГц. Грунт ниже 20 м доступен для изучения радиоволнами, частоты которых ниже 20 МГц.



Зависимость модуля коэффициента отражения для частот А) $f_1=20$ МГц; Б) $f_2=200$ МГц; В) $f_3=3000$ МГц; глубина залегания D меняется от 0.2 до 20 м.

Публикации за 2014 г.:

Смирнов В.М., Юшкова О.В., Карачевцева И.Р., Надеждина И.Е. Влияние рельефа при формировании отраженного сигнала радара подповерхностного зондирования //Астрономический вестник, 2014, том 48, № 3, с. 192–197.

Смирнов В.М., Юшкова О.В., Марчук В.Н., Андреев В.Ю. Космические радиолокаторы подповерхностного зондирования грунта Марса и Луны. //Радиотехника и электроника, 2014 (принята к печати).

Yushkova O.V., Smirnov V.M., Yakovlev O.I., Pavelyev A.G., Marchuk V.N. Radiolocation as an effective tool for remote sensing of the subsurface structure of the lunar soil / The fifth Moscow Solar System Symposium (5MS³). Moscow. Russia. Space Research Institute. 2014. 5MS3-PS-35. http://ms2014.cosmos.ru/sites/ms2014.cosmos.ru/files/5m-s3_program-0919.pdf.

Научный рук.: В. М. Смирнов, д. ф.-м. н., зав. лаб. ФИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, vsmirnov@ire.rssi.ru

Тема 3.1.4. Магнетизм, тепломассоперенос и эволюция системы ядро-мантия в планетах земной группы и Луны

Результат: Подобные геодинамо гидромагнитные параметры аналитически выражены через энергетические и наблюдаемые характеристики глубинных недр планет

В прошлогодних работах впервые выдвигается, а в отчетных работах Старченко и других развивается и, в значительной степени, завершается оригинальная концепция энергетического масштабирования, в которой глобальные энергозависимые параметры подобных геодинамо планетарных систем выражаются через чрезвычайно малое (для Земли $\sim 10^{-14}$) вращательное число Рэлея δ , определяющего энергетику динамо. Формулы ниже – задают эти законы масштабирования для типичного магнитного поля B , скорости V , синуса

угла s между соответствующими векторами, магнитного d и гидродинамического h масштабов.

$$\frac{B^2}{\mu\rho V^2} = \frac{d^2}{h^2}, h = H\delta^{1/5} \ll d = H\delta^{2/15} = sH$$
$$V = H\Omega\delta^{2/5}, B = \sqrt{\mu\rho H\Omega}\delta^{1/3}$$

Основные публикации за 2014 г

Starchenko S.V., Analytic base of geodynamo-like scaling laws in the planets, geomagnetic periodicities and inversions // Geomagnetism and Aeronomy. - 2014. - V. 54, - No 6. - P. 694-701.

Starchenko S.V. Geodynamo-like scaling laws in the planets, geomagnetic and paleomagnetic periodicities // Problems of Geocosmos: 10th International Conference Proceeding. - St. Petersburg, 2014 in press. 6 pp.

Руководитель: Старченко С. В., ИЗМИРАН, sstarchenko@mail.ru

Проект 3.2. Марс.

Тема: 3.2.1. «Изучение пространственной картины сезонного накопления льда воды в поверхностном грунте Марса и выяснение его абсолютного содержания при современных климатических условиях планеты»

В период с 01 февраля по 31 октября 2014 г. в рамках данного проекта были получены следующие результаты:

1. По многолетним измерениям нейтронного альбеда Марса нейтронным детектором ХЕНД величины измеренных потоков нейтронов низких энергий (менее 1.0 МэВ) были проанализированы статистически с целью поиска сезонных вариаций измеренных потоков в широтном поясе 30°-50° с.ш..
2. Также были проанализованы многолетние измерения нейтронных потоков низких энергий, зафиксированных тремя детекторами прибора ХЕНД (SD, MD и LD) в разных диапазонах энергии (0.4 эВ-1кэВ, 10эВ-10 кэВ и 10эВ-1.0 МэВ). Эти измерения были конвертированы в значения содержания эквивалента воды (в массовых %) в поверхностных слоях марсианского грунта, соответствующих эффективным слоям генерации этих нейтронов (мощностью более 60 см и 40-50 см соответственно). По этим данным для каждого из пяти марсианских лет наблюдений проведен анализ сезонных вариаций значений содержания эквивалента воды в марсианском грунте в широтном поясе 30° -50° с.ш.;

По результатам проведенных исследований готовится статья.

Научный рук. в.н.с. ГЕОХИ РАН, к.г.н. Р.О. Кузьмин, rok@geokhi.ru

Проект 3.3. Венера

Тема 3.3.1. Анализ смены вулканических режимов Венеры как ключа к пониманию геологической эволюции этой планеты.

Соотношения региональных и лопастных равнин с ударными кратерами позволяет оценить интенсивность обновления поверхности в течение вулканического и вулканотектонического режимов. Только 3% кратеров, затрагивающих поверхность региональных равнин, подтоплены материалом равнин. В случае лопастных равнин, доля подтопленных кратеров на порядок выше и составляет 34%. Модель равновесного формирования региональных равнин и накопления ударных кратеров встречает серьезное наблюдательное противоречие, которое указывает на катастрофический характер формирования равнин. В случае лопастных равнин, пропорция подтопленных кратеров свидетельствует о постепенном накоплении лавового материала.

Публикации

M. A. Ivanov and J. W. Head, Embayed craters on Venus: Testing the catastrophic and equilibrium resurfacing models, *Planetary and Space Science* (в печати).

Ivanov M.A., Basilevsky A.T., Head J.W. Zasova L.V., Guseva E.N. Selection of Landing Sites for the Venera-D Mission. Venus Exploration Targets Workshop, Russia, 2014. abs. 6008.

Guseva E.N. Morphometry of rift-associated volcanoes on Venus and Earth. The 5th Moscow Solar System Symposium, IKI RAS, Moscow, 2014, abs. 5MS3-PS-45.

Руководитель Иванов М. А., ГЕОХИ РАН, Mikhail_Ivanov@Brown.edu