

Глобальное многолетнее распределение влажности почв по данным SMAP

А.Г. Гранков, А.А. Мильшин, Н.К. Шелобанова

Фрязинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук,

E-mail: amilshin@list.ru

Выполнено преобразование суточных данных обработки SMAP с пространственным разрешением 36x36 км в среднемесячные данные с разрешением 1x1 градус за сезон с апреля по октябрь с 2015 по 2019 годы. Получены оценки средних среднемесячных многолетних значений влажности почв для 12 основных типов суши, принятых в модели глобального радиотеплового излучения Земли в дециметровом диапазоне. Выполнен анализ сезонной многолетней динамики влажности почв для 12 типов суши. Анализ показал, что в зависимости от величины сезонной изменчивости влажности 12 типов суши можно разделить на 3 группы: с изменчивостью менее 10% (тропический лес (1), саванна (6), возделываемые зерновые культуры (C)), более 10%, но менее 20% (смешанные широколиственные листопадные и хвойные вечнозеленые деревья (3), широколиственные листопадные деревья (2), широколиственные листопадные кусты, растущие одиночно и участками (8), пустыня (9), хвойные вечнозеленые деревья (4), тундра (T)) и более 20% (пастбище (7), широколиственные листопадные кусты, растущие одиночно или на открытой почве (D), хвойные листопадные деревья (5)). Выполнено ранжирование типов суши по мере убывания влажности почв: 1-3-C-T-6-2-5-7-8-D-9. Сформирован массив среднемесячных многолетних значений влажности почвы в слое 0-5 см с пространственным разрешением 1x1 градус. Массив может быть использован в различных целях при моделировании, а также для валидации модели глобального радиотеплового излучения Земли в дециметровом диапазоне.

Daily SMAP processing data with a spatial resolution of 36x36 km was converted into monthly average data with a resolution of 1x1 degrees for the season from April to October from 2015 to 2019. Estimates of the average monthly long-term values of the soil moisture for 12 main types of land, adopted in the model of global microwave radiation of the Earth in the decimeter band, were obtained. The analysis of seasonal long-term dynamics of soil moisture for 12 types of land was performed. The analysis showed that, depending on the amount of seasonal variability in moisture, 12 types of land can be divided into 3 groups: with less than 10% variability (rainforest (1), savanna (6), cultivation (C)), more than 10%, but less than 20% (mixed broadleaf deciduous and needleleaf evergreen trees (3), broadleaf deciduous trees (2), broadleaf deciduous shrubs growing singly and in patches (8), desert (9), needleleaf evergreen trees (4), tundra (T)) and more than 20% (grassland (7), broadleaved deciduous shrubs growing singly or with bare land (D), needleleaf deciduous trees (5)). Land types were ranked as soil moisture decreases: 1-3-C-T-6-2-5-7-8-D-9. An array of average monthly long-term values of soil moisture in a layer of 0-5 cm with a spatial resolution of 1x1 degrees was formed. The array can be used for various purposes in modeling, as well as for validating the model of global microwave radiation of the Earth in the decimeter band.

Введение

Проект SMAP (the Soil Moisture Active Passive) стартовал в 2008 году. 31 января 2015 года был выполнен запуск целевой аппаратуры – совмещенные радар и радиометр L-диапазона, использующие общую 6 метровую антенну [1-3]. Научные и прикладные задачи SMAP заключаются в следующем:

- Понять процессы, которые связывают земные водные, энергетические и углеродные циклы;
- Оценка глобальных потоков воды и энергии на поверхности суши;
- Количественная оценка чистого потока углерода в бореальных ландшафтах;

- Повышение качества прогноза погоды и климата;
- Разработка улучшенных возможностей прогнозирования наводнений и мониторинга засухи

Наша цель заключается в привлечении архивных данных обработки влажности почв сенсором SMAP для валидации радиационной модели излучения системы «растительность – суша» в дециметровом диапазоне (10÷100 см) на глобальных масштабах с пространственным разрешением 1x1 градус [4-9].

Исходные данные были получены на сайте NSIDC (National snow and ice data center, nsidc.org). Использовались данные SMAP L3 Radiometer Global Daily 36 km EASE-Grid Soil Moisture, Version 5. Этот продукт влажности почвы уровня 3 (L3) представляет собой совокупность ежедневных оценок глобальных условий земной поверхности, полученных с помощью пассивного микроволнового радиометра с пространственным разрешением 36x36 км. Данные о влажности почвы L-диапазона SMAP преобразуются в глобальную цилиндрическую масштабируемую земную сетку равной 36 км, версия 2.0 (EASE-Grid 2.0 - Equal-Area Scalable Earth Grid, Version 2.0). Суть обработки заключалась в преобразовании файлов формата HFD v.5 в текстовые файлы, например SM051616.01A (файл содержит данные влажности почвы пикселя и его географические координаты), на первом этапе. Затем глобальные файлы в формате ASCII обрабатывались на среднемесячном масштабе на втором этапе. На третьем этапе из файлов с глобальными среднемесячными данными вырезались фрагменты, относящиеся к 12 основным типам поверхности. Для данных каждого типа вычислялось среднее значение влажности по площади.

Многолетнее распределение влажности почвы для 12 типов суши

В работе [9] отмечается, что 2-я версия модели глобального радиотеплового излучения Земли в дециметровом диапазоне имеет пространственное разрешение 4x5 градусов и использует карту распределения 12 типов суши, представленную на рис. 1.

На втором этапе обработки в итоге мы имеем файлы, содержащие среднемесячные значения влажности почв в слое 0-5 см с пространственным разрешением 1x1 градус за период с апреля 2015 года по октябрь 2019 года. Пример карты, отображающей глобальное распределение влажности почв за июль 2016 года, приведен на рис. 2.

На рис. 3 представлен сезонный ход (апрель-октябрь) влажности почв для основных шести типов лесов. Ранжирование по мере убывания влажности почв по типам леса: 1-3-4-6-2-5. Наибольшая влажность наблюдается в тропическом лесу (тип 1) и составляет в среднем $0.33 \text{ см}^3/\text{см}^3$, сезонные отклонения составляют около 2%.

Леса 3-го типа, состоящие из смешанных широколиственных листопадных и хвойных вечнозеленых деревьев имеют зависимость со спадающей влажностью почв, наибольшее значение в апреле $0.32 \text{ см}^3/\text{см}^3$ и наименьшее в октябре $0.29 \text{ см}^3/\text{см}^3$. Сезонные отклонения достигают 10%. Леса 4 типа (хвойные вечнозеленые деревья) являются самыми многочисленными по площади и составляют основу бореальной растительности Земли.

Максимальное значение влажности наблюдается в мае и составляет $0.295 \text{ см}^3/\text{см}^3$, минимальное значение влажности наблюдается в октябре – $0.252 \text{ см}^3/\text{см}^3$. Сезонные изменения достигают 17%. 6 тип леса – саванна имеет слабую сезонную изменчивость влажности почв около 6%. Минимальное значение влажности почв саванны отмечается в апреле $0.208 \text{ см}^3/\text{см}^3$, а максимальное в августе – $0.222 \text{ см}^3/\text{см}^3$. Для типа 2 - широколиственные листопадные деревья характерно наличие незначительных сезонных вариаций 15%. Максимум влажности почв отмечается в апреле – $0.208 \text{ см}^3/\text{см}^3$, а минимум в июне - $0.182 \text{ см}^3/\text{см}^3$. 5 тип леса, включает в себя хвойные листопадные деревья и располагается на территории северо-востока России. Сезонные

изменения влажности достигают 50%. Сезонная зависимость носит спадающий характер с максимумом в мае – 0.196 см³/см³ и минимумом в октябре - 0.131 см³/см³. Отсутствие графика за апрель обусловлено отрицательными температурами почв и лесного полога, алгоритм в этом случае не работает. Мы выбрали условный эмпирический порог, если 50% площади ареала и более содержат данные о влажности почв, то точка на графике отображается.



Рис. 1. Карта распределения 12 типов суши в глобальной модели: 1 – широколиственные вечнозеленые деревья (тропический лес); 2 – широколиственные листопадные деревья; 3 – смешанные широколиственные листопадные и хвойные вечнозеленые деревья; 4 – хвойные вечнозеленые деревья; 5 – хвойные листопадные деревья; 6 – трава, широколиственные листопадные деревья и кусты (саванна); 7 – пастбище; 8 – широколиственные листопадные кусты, растущие одиночно и участками; D – широколиственные листопадные кусты, растущие одиночно или на открытой почве; C – возделываемые зерновые культуры; 9 – пустыня; T – тундра; * - многолетние льды и ледники

На рис.4 представлена графическая зависимость сезонного хода влажности почв для шести типов суши. По влажности почв наблюдается следующее ранжирование по мере убывания: C-T-7-8-D-9. Наибольшая величина влажности в апреле 0.257 см³/см³ отмечается у суши C типа – возделываемых зерновых культур. Величина влажности имеет слабо выраженный сезонный ход (7%) с минимальным значением 0.24 см³/см³ в июне. T тип – тундра имеет спадающую зависимость с максимумом в мае 0.257 см³/см³ и минимумом в октябре – 0.218 см³/см³. Сезонные изменения влажности составляют 18%.

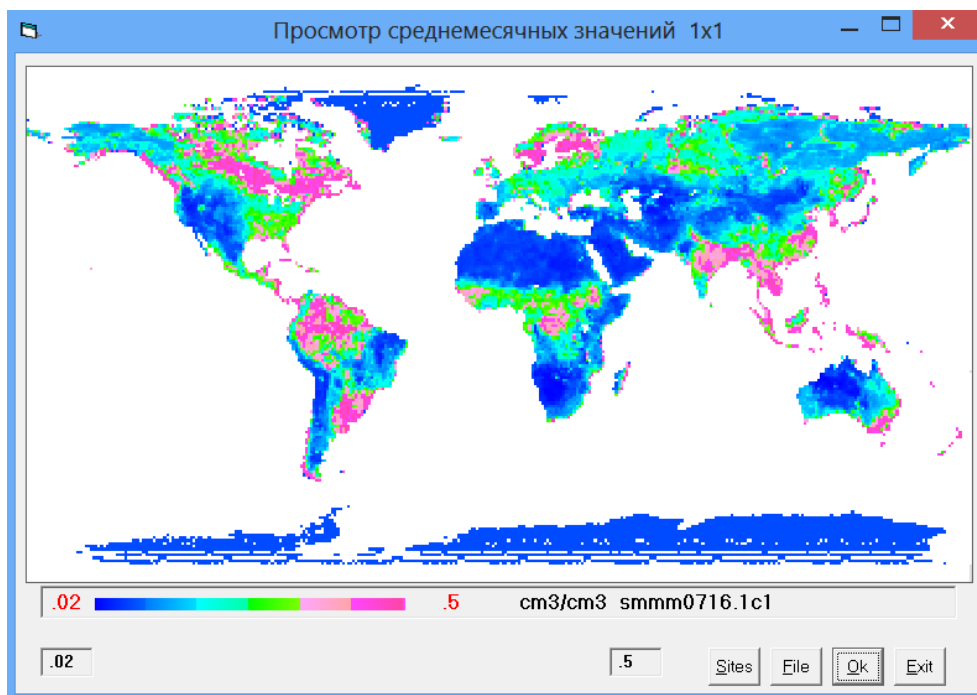


Рис. 2. Карта глобального распределения среднемесячного значения влажности почв за июль 2016 года с пространственным разрешением 1x1 градус

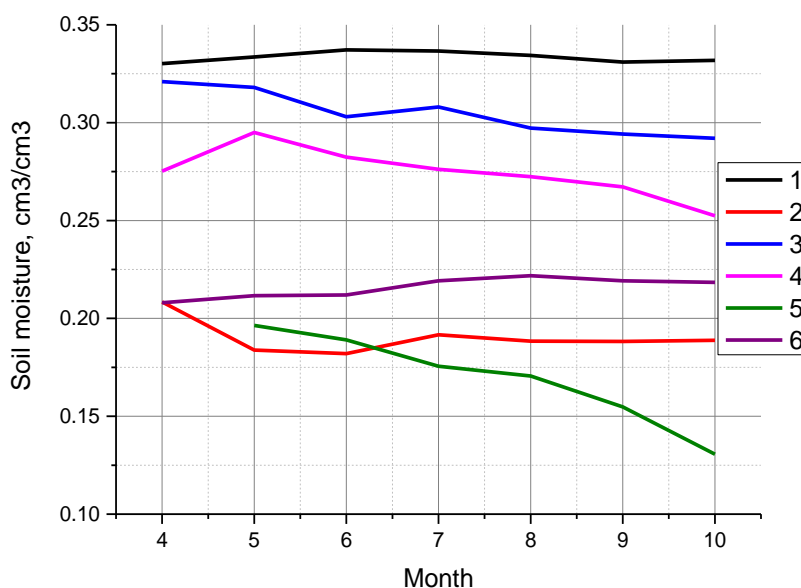


Рис. 3. Сезонный ход многолетних среднемесячных значений влажности почв для 6 типов лесов. Обозначения типов леса даны на рис. 1

Для пастбищ (7 тип) наблюдается сезонный ход с максимумом $0.168 \text{ см}^3/\text{см}^3$ в апреле и минимумом $0.118 \text{ см}^3/\text{см}^3$ в августе. Отмечается значительная сезонная изменчивость, равная 30%. 8 тип суши - широколиственные листопадные кусты, растущие одиночно и участками имеют незначительную сезонную изменчивость около 10%. Максимум влажности почв наблюдается в августе $0.137 \text{ см}^3/\text{см}^3$, а минимальное значение - в октябре $0.123 \text{ см}^3/\text{см}^3$. Для D типа - широколиственные листопадные кусты, растущие одиночно или на открытой почве, максимум влажности $0.135 \text{ см}^3/\text{см}^3$

отмечается в июле, а минимум - в апреле $0.102 \text{ см}^3/\text{см}^3$. D тип характеризуется наибольшей сезонной изменчивостью 34%. Влажность почв 9 типа суши имеет минимальное значение среди рассматриваемых типов и сезонные вариации 15%. Влажность неравномерно спадает с $0.088 \text{ см}^3/\text{см}^3$ в апреле до $0.077 \text{ см}^3/\text{см}^3$ в октябре.

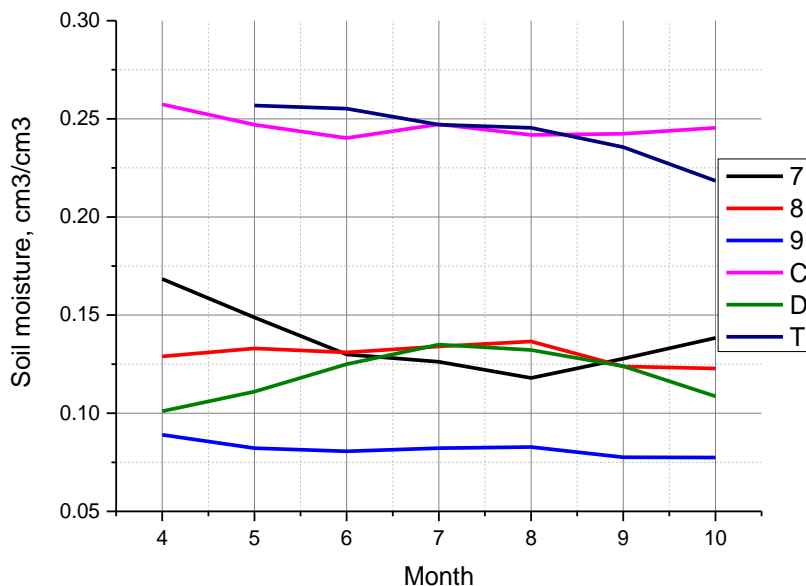


Рис. 4. Сезонный ход многолетних среднемесячных значений влажности почв 6 типов суши. Обозначения типов суши даны на рис. 1

Выводы

Выполнено преобразование суточных данных обработки SMAP с пространственным разрешением $36 \times 36 \text{ км}$ в среднемесячные данные с разрешением 1×1 градус за сезон с апреля по октябрь с 2015 по 2019 годы.

Получены оценки средних среднемесячных многолетних значений влажности почвы в слое 0-5 см для 12 основных типов суши, принятых в модели глобального радиотеплового излучения Земли в дециметровом диапазоне.

Выполнено ранжирование типов суши по мере убывания влажности почв: 1-3-C-T-6-2-5-7-8-D-9.

Выполнен анализ сезонной многолетней динамики влажности почв для 12 типов суши. Анализ показал, что в зависимости от величины сезонной изменчивости влажности 12 типов суши можно разделить на 3 группы: с изменчивостью менее 10% (типы 1, 6, C), более 10% но менее 20% (типы 3, 2, 8, 9, 4, T) и более 20% (типы 7, D, 5).

Сформирован массив среднемесячных многолетних значений влажности почвы в слое 0-5 см с пространственным разрешением 1×1 градус. Массив может быть использован в различных целях при моделировании, а также для валидации модели глобального радиотеплового излучения Земли в дециметровом диапазоне.

Мы благодарим NSIDC за предоставленные спутниковые архивные данные по проекту SMAP.

Литература

1. D. Entekhabi, E. Njoku, P. O'Neill, K. Kellogg, W. Crow, W. Edelstein, J. Entin, S. Goodman, T. Jackson, J. Johnson, J. Kimball, J. Piepmeier, R. Koster, N. Martin, K. McDonald, M. Moghaddam, S. Moran, R. Reichle, J. Shi, M. Spencer, S. Thurman, L. Tsang,

- J. van Zyl. The Soil Moisture Active Passive (SMAP) mission // Proc. IEEE vol. 98 no. 5 pp. 704-716 May 2010.
2. Jeffrey Piepmeier, Ed Kim, Priscilla Mohammed, Jinzheng Peng, Chris Ruf. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD): SMAP Calibrated, Time-Ordered Brightness Temperatures L1B_TB Data Product. 2013.
 3. Satellite Soil Moisture Retrieval. Techniques and Applications. Edited by Prashant K. Srivastava, George P. Petropoulos, Yann H. Kerr. Elsevier. 2016. 440 p.
 4. Галкин Ю.С., Гранков А.Г., Мильшин А.А., Шмаленюк А.С. Моделирование ослабления радиоволн лесным пологом в глобальной модели радиоизлучения земной поверхности в L- и P- диапазонах // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. Вып.2 (51). 2007. С.90-99.
 5. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Чухланцев А.А. Моделирование радиотеплового излучения лесов при спутниковых наблюдениях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Вып.2. Т.2. С.256-261.
 6. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Чухланцев А.А., Шелобанова Н.К. Основные направления экспериментальных исследований лесов спутниковыми СВЧ-радиометрическими методами // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Вып.2. Т.2. С.250-255.
 7. Мильшин А.А., Гранков А.Г., Шелобанова Н.К. Валидация модели глобального крупномасштабного радиоизлучения Земли в дециметровом диапазоне // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2011. Т.8. №1. С.246-254.
 8. Мильшин А.А., Гранков А.Г., Шелобанова Н.К. Формирование радиоизлучения почвы в модели глобального крупномасштабного радиотеплового излучения земли в дециметровом диапазоне // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2012. Т.9. №3. С.43-49.
 9. Мильшин А.А. Развитие модели глобального радиотеплового излучения земли в дециметровом диапазоне // Доклады РНТОРЭС им. А.С. Попова. Серия: Проблемы эоинформатики. Выпуск XIII. Москва, 4-6 декабря 2018 г. С.166-170.