

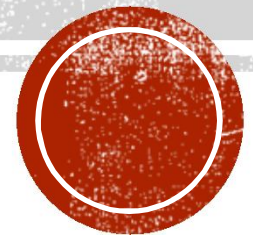
# ОЦЕНКА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ В МЕГАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ПО ДАНЫМ СПУТНИКА SMOS НА ЧАСТОТЕ 1,4 ГГц

**Выполнил:** Крошка Владимир Владимирович.

Магистрант ОмГУ группы ФРМ-402-0-07

**Научный руководитель:**

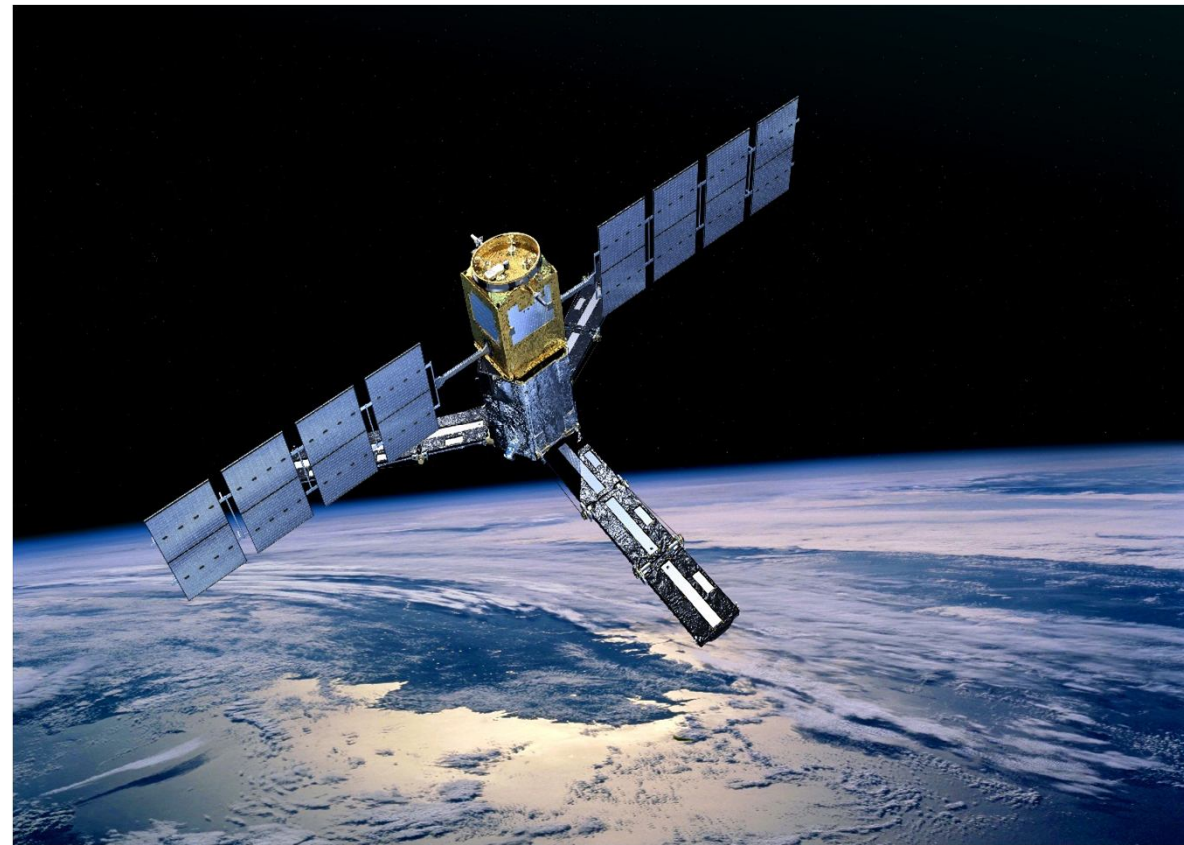
д.ф.-м.н., профессор  
Бобров Павел Петрович



# АКТУАЛЬНОСТЬ

Отражение электромагнитных волн почвами оказывает значительное влияние на диаграммы направленности антенн. Как правило, при проектировании антенн используются некие «средние» данные, плохо учитывающие особенности конкретных почв и сезонных изменений влажности. Разработка методов оценки влажности в слое, глубиной более 1 метра позволит производить оценку коэффициента отражения в течение года с периодичностью один раз в 3 – 6 дней.

На борту спутника SMOS Европейского космического агентства, предназначенного для мониторинга влажности почв и солёности океана, установлен 2-D интерферометрический радиометр, работающий на частоте 1,4 ГГц.



Радиометр спутника измеряет яркостную температуру  $T_{я}$ , которая для почв с маломасштабными неровностями определяется следующим выражением:

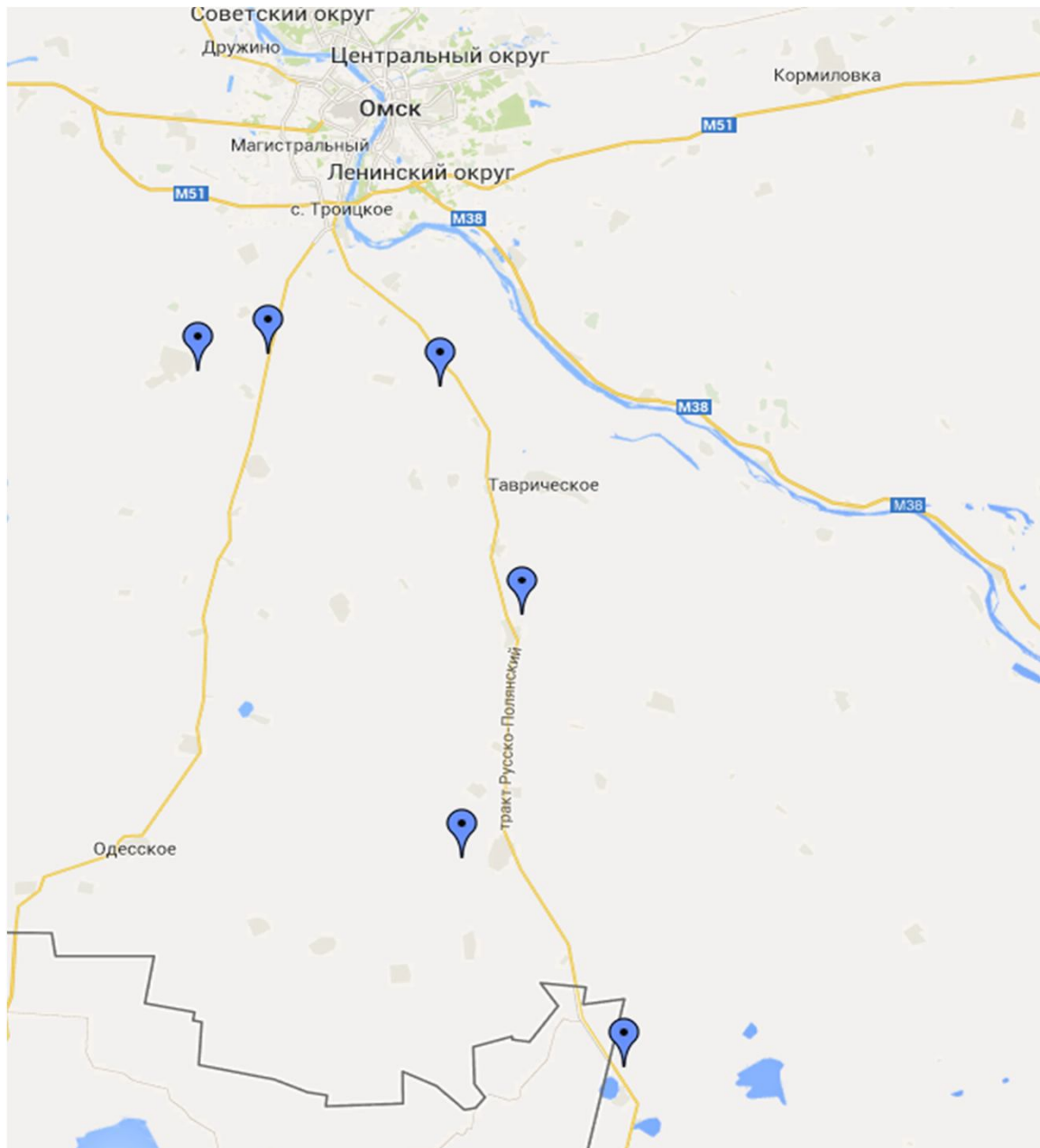
$$T_{я} = T_{эфф} \left( 1 - |r_0|^2 \exp\left(-h(\cos \varphi)^N\right) \right)$$

$T_{эфф}$  – эффективная температура;  $r_0$  – комплексный френелевский коэффициент отражения от гладкой поверхности, зависящий от диэлектрической проницаемости почвы;  $\varphi$  – угол зондирования, отсчитываемый от надира;  $h$  и  $N$  – подбираемые параметры, описывающие поверхностные неровности.

Влажность почвы влияет на коэффициент отражения, определяемый по формуле:

$$r_0 = \frac{\cos \varphi - \sqrt{n^*} \cdot \sqrt{n^* - \sin^2 \varphi}}{\cos \varphi + \sqrt{n^*} \cdot \sqrt{n^* - \sin^2 \varphi}}$$

Где  $n^* = n - ik = \sqrt{\varepsilon^*}$  - комплексный показатель преломления,  $\varepsilon^*$  - комплексная диэлектрическая проницаемость почвы, действительная и мнимая части которой связаны с влажностью и температурой.





Результаты измерений влажности для участков, попадающих в разные пиксели кадра SMOS, приведены в таблице 1.

15 сентября 2013 года

№ участка	Сев. широта	Вост. долгота	n* на частоте 1,4 ГГц	N	h	W, м3/м3			
						SMOS	Влагомер	С коррекцией	Термостатно весов.
1	53,97	73,79	2,88+0,29i	1,087	1,285	0,240	0,142	0,186	0,200
2	54,26	73,46	2,70+0,26i	0,533	0,814	0,216	0,146	0,160	0,160
3	54,18	73,64	2,40+0,21i	0,401	0,519	0,172	0,167	0,177	0,152
4	54,46	73,71	2,67+0,26i	0,392	0,656	0,212	0,122	0,134	0,162
5	54,68	73,16	2,83+0,28i	0,002	0,604	0,233	0,161	0,177	0,212



# Результаты измерений влажности для участков, попадающих в разные пиксели кадра SMOS, приведены в таблице 2.

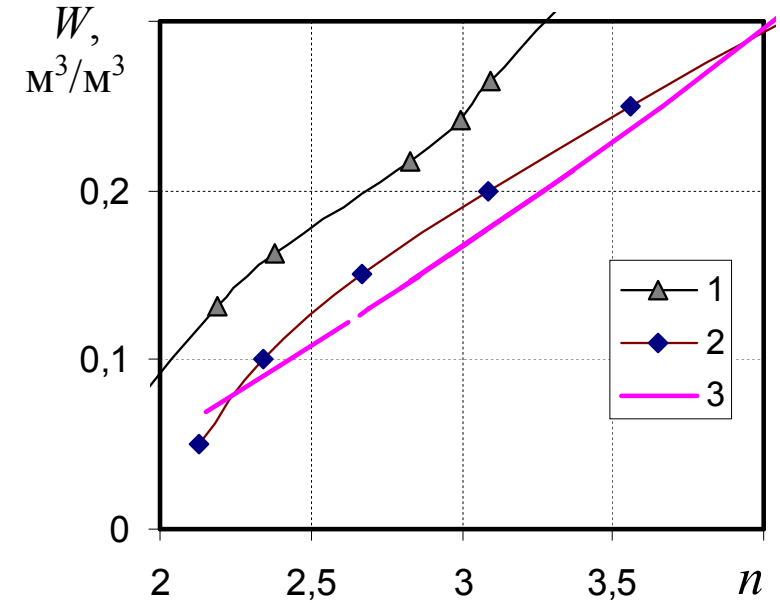
26 апреля 2014 года.

Участка	Сев. широта	Вост. долгот	$W, \text{м}^3/\text{м}^3$			
			SMOS	Термостатно-весовой		
				0-1 см	1-2 см	2-7 см
	54,682	73,17	0,237	0,132	0,135	0,275
	54,748	73,384	0,274	0,110	0,194	0,294
	54,464	73,711	0,197	0,113	0,169	0,268
	54,262	73,468	0,160	0,159	0,153	0,227
	54,188	73,646	0,207	0,216	0,200	0,280
	53,979	73,791	0,218	0,105	0,068	0,154

14 мая 2014 года.

№ участка	Сев. широта	Вост. долгот	$W, \text{м}^3/\text{м}^3$			
			SMOS	Термостатно-весовой		
				0-1 см	1-2 см	2-7 см
1	54,682	73,17	0,088	0,083	0,140	0,288
2	54,748	73,384	0,104	0,063	0,176	0,265
3	54,464	73,711	0,092	0,055	0,164	0,258
4	54,262	73,468	0,100	0,096	0,142	0,280
5	54,188	73,646	0,070	0,049	0,085	0,161
6	53,979	73,791	0,041	0,039	0,078	0,249

Связь влажности почвы с действительной частью показателя преломления на частоте 1,4 ГГц, найденная из диэлектрических измерений.



1 – Омская почва на частоте 1,4 ГГц,

2 – Омская почва на частоте 70 МГц,

3 – зависимость, используемая в электронном влагомере

Значения влажности, определяемые дистанционным методом, оказались в среднем на 20 % выше, чем измеренные термостатно-весовым способом. Возможной причиной может быть то, что размеры участка, попадающего в один пиксел кадра, составляют 40-50 км, а наземные измерения производились в одной точке. Также можно отметить, что при больших градиентах влажности глубина зондирования КА SMOS меньше.

# СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Berger, M., Camps, A., Font, J., Kerr Y.H. // *ESA Bulletin* 111. 2002. 113f.
- [2] Escorihuela M.J., Kerr Y.H, Wigneron J.-P. et.al // *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 2007. V. 45. N.7. P. 1978 – 1987.
- [3] Mironov V.L., Fomin S.V. // *PIERS Online*. 2009. V. 5, № 5. P. 411 – 415.
- [4] Бобров П.П., Миронов В.Л., Яценко А.С. // *Известия Вузов. Физика*. 2012. № 8/3. С. 145-148.
- [5] Кондратьев К.Я., Козодеров В.В., Федченко П.П. *Аэрокосмические исследования почв и растительности*. Л-д: Гидрометеоиздат. 1986. 232 с
- [6].J.-P. Wigneron, J.-C. Calvet, T. Pellarin, A.A. Van de Griend, M. Berger, P. Ferrazzoli; *Retrieving near-surface soil moisture from microwave radiometric observations: current status and future plans accepted 15 February 2003*

▪