

СВЯЗЬ РАДАРНЫХ ДАННЫХ SENTINEL 1 С НАЗЕМНЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Родионова Н.В.

ФИРЭ им. В.В. Котельникова РАН, Фрязино

E-mail: rnv@ire.rssi.ru

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе рассмотрена возможная корреляционная связь между радарным коэффициентом обратного рассеяния (КОР) и наземными измерениями параметров почвы (температуры и влажности) для 4-х станций в Германии и 3-х во Франции на основе имеющихся в открытом доступе на сайте International soil moisture network (<https://ismn.geo.tuwien.ac.at/>) наземных измерений температуры и влажности почвы на глубинах от 5 до 30 см и находящихся в открытом доступе радарных данных Sentinel 1 C-диапазона VV+VH поляризации.

Обратное рассеяние от поверхности определяется ее диэлектрической проницаемостью, шероховатостью и растительностью.

Информация о диэлектрической проницаемости поверхности, и, соответственно, влажности, играет важную роль в численном предсказании погоды, наводнений, сельском хозяйстве, контроле за парниковыми газами и т.д.

Основная цель работы – выяснить есть ли корреляция КОР с наземными измерениями температуры и влажности почвы, на каких поляризациях. В случае высокой корреляции построить регрессионные соотношения, являющиеся шагом к построению модели связи спутниковых и наземных данных.

НАЗЕМНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

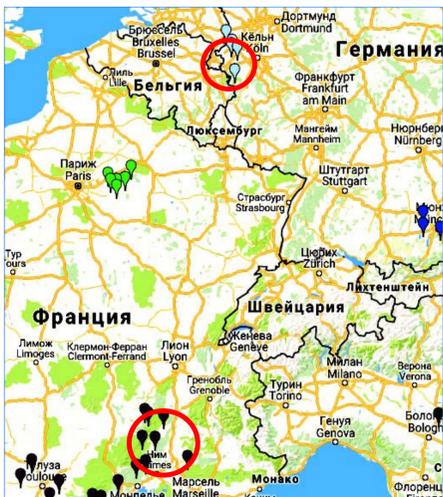
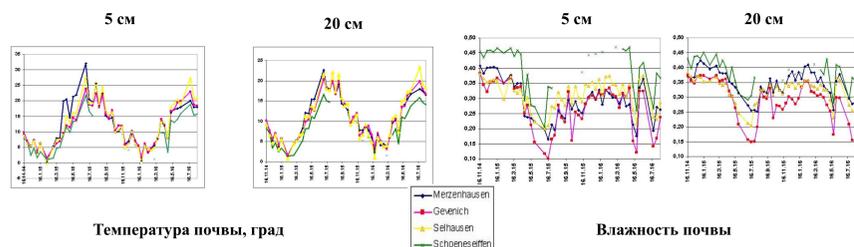


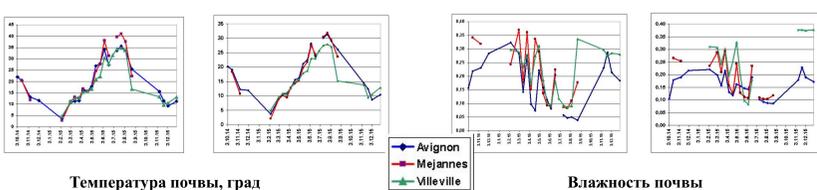
Таблица 1. Информация о наземных станциях, включенных в обработку.

Название станции	Широта (с.ш.), град	Долгота (в.д.), град	Тип растительности	Текстура почвы на глубине 0-30 см, %
Mejanès-le-Clap, (Франция)	44,222	4,34483	трава	глина- 24, органика- 1,61, песок- 42, ил - 34.
Cabrières-Avignon, (Франция)	43,88367	5,16483	сельхозугодья, неорошаемые	глина- 19, органика- 2,13, песок- 37, ил - 44.
Villevielle, (Франция)	43,79517	4,09083	сельхозугодья, неорошаемые/ деревья или кусты	глина- 19, органика- 2,13, песок- 37, ил - 44.
Gevenich, (Германия)	50,9892	6,32355	сельхозугодья, неорошаемые	глина- 22, органика- 0,74, песок- 41, ил - 37.
Merzenhausen, (Германия)	50,9303	6,29747	сельхозугодья, неорошаемые	глина- 22, органика- 0,74, песок- 41, ил - 37.
Selhausen, (Германия)	50,8691	6,44954	сельхозугодья, неорошаемые	глина- 23, органика- 1,07, песок- 37, ил - 40.
Schoenesseifen, (Германия)	50,5149	6,37559	трава	глина- 20, органика- 1,45, песок- 42, ил - 38.

Графики наземных измерений температуры и влажности почвы на глубине 5 см и 20 см для станций в Германии за период 16.11.14- 13.8.16.



Графики наземных измерений температуры и влажности почвы на глубине 5 см и 20 см для станций во Франции за период 3.10.14- 27.12.15.



Исходные радарные данные Sentinel 1 A

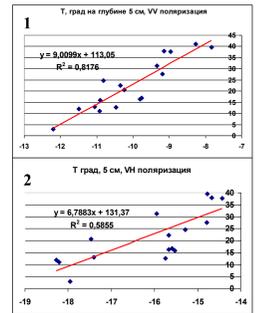
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/toolboxes/sentinel-1>

Название станции	Количество обработанных сеансов съемки S1	Угол обзора	Период съемки	Количество точек в профиле
Mejanès-le-Clap	17	42°	15.10.14 – 23.8.15	30
Cabrières-Avignon	23	45°	3.10.14 – 27.12.15	35
Villevielle	20	40°	6.2.15 – 27.12.15	20
Gevenich	48	40°	16.11.14 – 13.08.16	~10
Merzenhausen	48	40°	16.11.14 – 13.08.16	~10
Selhausen	48	40°	16.11.14 – 13.08.16	~12
Schoenesseifen	33	40°	16.11.14 – 13.08.16	~10

Коэффициент корреляции Спирмена ρ_s между КОР и наземными измерениями температуры почвы

Франция

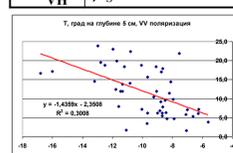
	Cabrières-Avignon	Mejanès-le-Clap	Villevielle
T ⁰ , почва 5 см			
σ_{VV}^0	$\rho_s = 0.5, p=0.01$	$\rho_s = 0.9, p=10^{-7}$	$\rho_s = 0.55, p=0.01$
σ_{VH}^0	$\rho_s = 0.48, p=0.02$	$\rho_s = 0.8, p=10^{-4}$	$\rho_s = 0.07, p=0.8$
T ⁰ , почва 10 см			
σ_{VV}^0	$\rho_s = 0.5, p=0.01$	$\rho_s = 0.91, p=10^{-7}$	$\rho_s = 0.56, p=0.01$
σ_{VH}^0	$\rho_s = 0.45, p=0.03$	$\rho_s = 0.79, p=10^{-4}$	$\rho_s = 0.08, p=0.8$
T ⁰ , почва 20 см			
σ_{VV}^0	$\rho_s = 0.51, p=0.01$	$\rho_s = 0.88, p=10^{-6}$	$\rho_s = 0.52, p=0.02$
σ_{VH}^0	$\rho_s = 0.46, p=0.02$	$\rho_s = 0.76, p=10^{-4}$	$\rho_s = 0.09, p=0.7$



Регрессионные соотношения между σ_{VV}^0 [дБ] (1) и σ_{VH}^0 [дБ] (2) и температурой почвы T⁰ на глубине 5 см для станции Mejanès-le-Clap

Германия

	Gevenich	Merzenhausen	Selhausen	Schoenesseifen
T ⁰ , почва 5 см				
σ_{VV}^0	$\rho_s = -0.53, p=6 \cdot 10^{-6}$	$\rho_s = -0.28, p=0.013$	$\rho_s = -0.24, p=0.04$	$\rho_s = -0.27, p=0.05$
σ_{VH}^0	$\rho_s = -0.2, p=0.07$	$\rho_s = -0.06, p=0.32$	$\rho_s = -0.18, p=0.1$	$\rho_s = 0.38, p=0.01$
T ⁰ , почва 20 см				
σ_{VV}^0	$\rho_s = -0.5, p=2 \cdot 10^{-5}$	$\rho_s = -0.21, p=0.06$	$\rho_s = -0.18, p=0.1$	$\rho_s = -0.26, p=0.06$
σ_{VH}^0	$\rho_s = -0.16, p=0.11$	$\rho_s = 0.001, p=0.5$	$\rho_s = -0.12, p=0.2$	$\rho_s = 0.44, p=0.003$

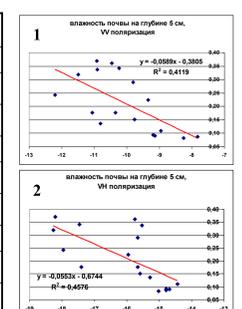


Регрессионное соотношение между σ_{VV}^0 [дБ] и T⁰ на глубине 5 см для станции Gevenich (Германия)

Коэффициент корреляции Спирмена между КОР и наземными измерениями влажности почвы

Франция

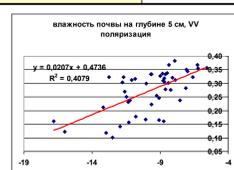
	Cabrières-Avignon	Mejanès-le-Clap	Villevielle
влажность почвы, глубина 5 см			
σ_{VV}^0	$\rho_s = -0.06, p=0.78$	$\rho_s = -0.72, p=0.001$	$\rho_s = -0.39, p=0.09$
σ_{VH}^0	$\rho_s = 0.15, p=0.48$	$\rho_s = -0.79, p=10^{-4}$	$\rho_s = 0.2, p=0.4$
влажность почвы, 10 см			
σ_{VV}^0	$\rho_s = -0.05, p=0.83$	$\rho_s = -0.68, p=0.003$	$\rho_s = -0.39, p=0.09$
σ_{VH}^0	$\rho_s = -0.09, p=0.67$	$\rho_s = -0.82, p=10^{-4}$	$\rho_s = 0.2, p=0.3$
влажность почвы, 20 см			
σ_{VV}^0	$\rho_s = -0.08, p=0.7$	$\rho_s = -0.66, p=0.004$	
σ_{VH}^0	$\rho_s = -0.12, p=0.6$	$\rho_s = -0.86, p=10^{-5}$	



Регрессионные соотношения между σ_{VV}^0 [дБ] (1) и σ_{VH}^0 [дБ] (2) и влажностью почвы на глубине 5 см для станции Mejanès-le-Clap

Германия

	Gevenich	Merzenhausen	Selhausen	Schoenesseifen
влажность почвы, глубина 5 см				
σ_{VV}^0	$\rho_s = 0.64, p=10^{-6}$	$\rho_s = 0.32, p=0.012$	$\rho_s = 0.34, p=0.001$	$\rho_s = 0.38, p=0.014$
σ_{VH}^0	$\rho_s = 0.4, p=0.003$	$\rho_s = 0.2, p=0.09$	$\rho_s = 0.43, p=0.001$	$\rho_s = -0.26, p=0.07$
влажность почвы, глубина 20 см				
σ_{VV}^0	$\rho_s = 0.64, p=1$	$\rho_s = 0.33, p=0.01$	$\rho_s = 0.39, p=0.003$	$\rho_s = 0.46, p=0.004$
σ_{VH}^0	$\rho_s = 0.43, p=10^{-4}$	$\rho_s = 0.25, p=0.04$	$\rho_s = 0.36, p=0.006$	$\rho_s = -0.2, p=0.13$



Регрессионное соотношение между σ_{VV}^0 [дБ] и влажностью почвы на глубине 5 см T⁰ для станции Gevenich (Германия)

Интерпретация. Влияние текстуры почвы на КОР

Jackson и Schumgge (1989) нашли, что молекулы воды поглощаются частицами почвы и эффективно лишают подвижности (связывают) их диполи, препятствуя связанной воде взаимодействовать с сигналом радара. Песчаные почвы содержат более высокое количество свободной воды (free water), чем глинистая почва (Srivastava et al., 2006). Таким образом, коэффициент корреляции Спирмена между КОР и влажностью почвы выше для песчаных почв (Blumberg et al., 2000).

В работе (Беляева и др., 2003) предложена эмпирическая формула для оценки значений максимального содержания связанной влаги в почве W'_i как функции процентного содержания глины C (clay) и гумуса H (organic).

$$W'_i = (0,22 \pm 0,03) \cdot C + (1,25 \pm 0,21) \cdot H$$

	Mejanès-le-Clap	Cabrières-Avignon, Villevielle	Gevenich, Merzenhausen	Selhausen	Schoenesseifen
$W'_i \sim$	(0,06-0,083),	(0,058-0,079)	(0,049-0,066)	(0,055-0,073)	(0,053-0,071)
песок	42	37	41	37	42
ил	34	44	37	40	38

Влияние шероховатости. Деполаризационное отношение, (Ulaby et al., 1986)

$$\chi = \sigma_{VH}^0 (dB) - \sigma_{VV}^0 (dB)$$

	Merzenhausen	Gevenich	Selhausen	Schoenesseifen
ср. знач.				
χ	-7,02	-7,91	-8,19	-5,57

Заключение

Показано наличие как положительной, так и отрицательной корреляции коэффициента обратного рассеяния с наземными измерениями температуры и влажности почвы.

Показана зависимость корреляции от механического состава почвы и шероховатости поверхности.

Получены регрессионные соотношения между КОР и параметрами почвы.

Литература

- Jackson T.J. & Schumgge T.J. Passive microwave remote-sensing system for soil moisture. Some supporting research// IEEE Trans. GRS. 1989. V.27. P.225-235.
- Srivastava H.S., Patel P., Navalgund R.R. How far SAR has fulfilled its expectation for soil moisture retrieval// SPIE Digital Library. 6410. 2006. Nov.13-17. Paper No. 64100. P.1-12.
- Blumberg D.G., Freilikh V., Lyalko I.V., Vulfson L.D., Kotlyar A.L., Shevchenko V.N. & Ryabokononko A.D. Soil moisture (water-content) assessment by an airborne scatterometer// Rem. Sens. Environment. 2000. V. 71. P. 309-319.
- Беляева Т.А., Бобров А.П., Бобров П.П., Галеев О.В., Мандрыгина В.Н. Определение параметров моделей диэлектрической проницаемости почв с различной плотностью и различным содержанием гумуса по данным экспериментальных измерений в частотном диапазоне 0,1-20 ГГц// Иссл. Земли из космоса, 2003, №5, с. 28-34
- Ulaby F.T., Moore R.K., Fung A.K. Microwave remote sensing: active and passive. From Theory to Application, Vol. III. Dedham, MA: Artech House, 1986.