



ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ

DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340

ВОЗМОЖНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЧВ БЕНИНА ПО СПУТНИКОВЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ LANDSAT

Р. Какпо, И.Ю. Савин

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Проведен анализ возможности использования спутниковых данных Landsat для распознавания наиболее широко распространенных почв Бенина. Установлено, что выделить все почвы, изображенные на почвенной карте, по спутниковым изображениям Landsat для территории исследований невозможно. Более достоверно выделяются по тоновым характеристикам почвы, развитые на одинаковых почвообразующих породах. Выявленные особенности группировки почв по тоновым признакам скорее всего связаны с особенностями свойств поверхности почв, а также с типом произрастающей на них растительности. Найденные закономерности могут быть использованы для корректировки почвенной карты Бенина, а также для организации спутникового мониторинга почвенного покрова республики.

Ключевые слова: почвы, Бенин, Landsat, дешифрирование почв, карта почв

ВВЕДЕНИЕ

Почвенные ресурсы любой территории предопределяют возможности ее использования в сельском хозяйстве, урожайность сельскохозяйственных культур и особенности их возделывания [1].

В качестве основного источника информации о состоянии почв является почвенная карта. От качества почвенной карты и ее кондиционности зависят результаты оценки почвенных и земельных ресурсов [4].

Составление почвенной карты является очень затратным и трудоемким процессом. Поэтому традиционно почвенные карты больших регионов и стран создаются раз в 10 лет, а во многих случаях еще реже.

Все это предопределяет необходимость поиска методов менее затратного и более оперативного составления почвенных карт. Одним из самых перспективных источников информации традиционно считаются данные дистанционного зондирования земной поверхности. Для больших территорий наиболее рационально использовать спутниковые данные, которые можно получать достаточно часто, с относительно небольшими затратами и на большие территории [2].

В настоящее время уже накоплен достаточно большой опыт использования спутниковых данных для дешифрирования почв [2, 3]. Установлено, что эффектив-

ность и достоверность дешифрирования зависят от региона работ, а также от характеристик самих спутниковых данных. Но единые правила и методики до сих пор не разработаны.

Последняя почвенная карта территории Бенина была составлена в 1976 году [6]. Карта составлялась традиционным картографическим способом. Кроме того, за прошедшее с тех пор время в почвенном покрове страны могли произойти большие изменения. Все это предопределяет необходимость проведения работ по обновлению этой карты. Наиболее перспективно использовать для этого спутниковые данные. Но возможности их использования для территории исследований до сих пор недостаточно изучены.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

В качестве источника информации о почвах Бенина использовалась Почвенная карта, составленная P. Faure, M. Viennot в 1976 году под эгидой Министерства кооперации и сельского развития Бенина. Карта была составлена в масштабе 1 : 200 000 на 9 листах. К каждому листу карты приведена отдельная легенда. Наименования почв даны во французской классификации почв [5].

Исходная карта была импортирована в ГИС, привязана географически, все листы сшиты и после этого карта была отвекторизована. Вся информация легенды карты была помещена в атрибутивную таблицу к карте. Полученная векторная карта содержит 4041 полигон.

После подготовки к анализу почвенной карты проводился поиск связи выделов почв на карте с характером их изображения на спутниковой сцене Landsat 8 (<https://landsat.usgs.gov/landsat-8>).

Спутниковые изображения Landsat 8 могут быть получены для любой точки земной поверхности. Съемка ведется в 9 спектральных каналах (табл. 1).

Таблица 1

Спектральные каналы Landsat 8

Спектральный канал	Длины волн, мкм	Разрешение на местности, м
Канал 1 — Новый синий	0,433—0,453	30
Канал 2 — Синий	0,450—0,515	30
Канал 3 — Зеленый	0,525—0,600	30
Канал 4 — Красный	0,630—0,680	30
Канал 5 — Ближний ИК	0,845—0,885	30
Канал 6 — Ближний ИК	1,560—1,660	30
Канал 7 — Ближний ИК	2,100—2,300	30
Канал 8 — Панхроматический	0,500—0,680	15
Канал 9 — Микроволновой	1,360—1,390	30

Для анализа были отобраны изображения, полученные в феврале 2014 года. Был выбран именно этот сезон съемки, так как в это время максимальна открытость поверхности почв, а растительность должна изображаться на снимках максимально контрастно.

Для анализа были отобраны 3 основных канала съемки (1, 3 и 5), которые характеризуют базовые спектральные отражательные особенности подстилающей поверхности.

Почвенная карта Бенина была переведена в проекцию спутниковых изображений и растеризована для совмещения с ними. После этого карта была наложена на спутниковые изображения, и для каждого контура карты была считана информация о тоне изображения для всех пикселей, попавших в контур почвенной карты.

Проводился статистический анализ тона изображения каждого контура почвенной карты с учетом преобладающей в них почвы.

Для выявления схожих по изображению почв строилась дендрограмма сходства на основе данных о преобладающем тоне изображения в контуре почв и стандартном отклонении тона изображения в контуре во всех трех каналах съемки (мера сходства — Эвклидово расстояние).

После этого экспертно проводился анализ делимости почв по тону их изображения на спутниковых данных.

Статистический анализ данных проводился с использованием пакета программ Statistica. Работа со спутниковыми изображениями и почвенной картой проводилась в ГИС ILWIS 3.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 2 представлена характеристика тона изображения основных почв Бенина на спутниковых данных Landsat отобранного срока съемки. Как следует из таблицы, тон изображения достаточно сильно варьирует. Наибольшее варьирование наблюдается в первом и третьем каналах съемки, наименьшее в пятом, инфракрасном, канале. Это может указывать на то, что в момент съемки поверхность почв была в достаточно сухом состоянии. Стандартное отклонение тона изображения изменяется от нескольких единиц тона до 40—50. Это связано, по-видимому, с неоднородностями растительного покрова и спецификой использования земель.

Таблица 2

Характер изображения почв Бенина на снимках Landsat

Название почвы	Почвообразующая порода	Тон в 1 канале	Тон в 3 канале	Тон в 5 канале	Стандартное отклонение тона в 1 канале	Стандартное отклонение тона в 3 канале	Стандартное отклонение тона в 5 канале	Номер на дендрограмме (рис. 1)
Бурые тропические эвтрофные железистые	основные породы	47	18	12	48,3	18,2	12,9	15
Вертисоли автоморфные	осадочная глина	96	35	28	5,3	3,6	5,5	10
Вертисоли литоморфные в сочетании с гидроморфными конкреционными	основные породы	95	35	24	2,5	2	3,2	13
Гидроморфные минеральные или перегнойные глеевые лессивированные	основные брекчии и гнейс	88	33	23	28,2	10,8	8,2	103

Продолжение таблицы 2

Название почвы	Почвообразующая порода	Тон в 1 канале	Тон в 3 канале	Тон в 5 канале	Стандартное отклонение тона в 1 канале	Стандартное отклонение тона в 3 канале	Стандартное отклонение тона в 5 канале	Номер на дендрограмме (рис. 1)
Гидроморфные минеральные или перегнойные глеевые лессивированные	Четвертичный песок	50	23	22	53,8	23,6	23,1	104
Гидроморфные минеральные или перегнойные глубокоглеевые	Аллювиальные глины	90	34	22	24,5	8,2	8	100
Гидроморфные минеральные или перегнойные глубокоглеевые	Аллювиально-коллювиальные породы	93	36	29	26,3	10,9	11,2	101
Гидроморфные минеральные или перегнойные псевдоглеевые в комбинации с конкреционными	Аллювиальные глины	96	36	26	12,6	6	8	107
Гидроморфные минеральные или перегнойные псевдоглеевые в комбинации с конкреционными	Аллювиальные песчано-суглинистые породы	73	28	22	43,6	16,4	13,6	106
Гидроморфные минеральные или перегнойные псевдоглеевые в комбинации с конкреционными	Песок и супесь	61	24	18	47,3	17,6	13,3	105
Гидроморфные органогенные оглеенные незасоленные	Аллювиальные дельтовые породы	62	25	9	49,2	17,9	8,8	99
Гидроморфные органогенные оглеенные незасоленные или слабозасоленные	Аллювиальные лагуновые породы и аллювиально-коллювиальные породы	52	20	15	48,5	18,4	15,2	98
Железисто-марганцевые тропические бедные без конкреций	Биотитовый известково-щелочной гранит	58	22	17	46	17,3	13,4	80
Железисто-марганцевые тропические бедные конкреционные	Брекчии и гранит	91	34	25	19,8	7,7	6,6	81
Железисто-марганцевые тропические бедные маложелезистые	Брекчии и гранит	82	31	22	32	12	9,4	82

Продолжение таблицы 2

Название почвы	Почвообразующая порода	Тон в 1 канале	Тон в 3 канале	Тон в 5 канале	Стандартное отклонение тона в 1 канале	Стандартное отклонение тона в 3 канале	Стандартное отклонение тона в 5 канале	Номер на дендрограмме (рис. 1)
Железисто-марганцевые тропические лессивированные без конкреций	Двуслюдяной гранито-гнейс	11	4	3	31,4	11,8	8,9	32
Железисто-марганцевые тропические лессивированные без конкреций	Кислый гранит	95	36	27	8,6	3,9	6,5	31
Железисто-марганцевые тропические лессивированные без конкреций	Отложения и коллювий песчано-глинистых пород	98	38	32	7,8	5,3	7,9	43
Железисто-марганцевые тропические лессивированные без конкреций	Песчаники	98	37	27	1,4	1,4	3,6	40
Железисто-марганцевые тропические лессивированные без конкреций	Брекчии	63	25	21	48,9	19,9	18,4	39
Железисто-марганцевые тропические лессивированные гидроморфные	Брекчии и гранит	97	37	27	4,8	2,5	4,6	73
Железисто-марганцевые тропические лессивированные гидроморфные	Песчаные и песчано-глинистые коллювиальные породы	75	29	25	43,2	16,8	15,1	79
Железисто-марганцевые тропические лессивированные конкреционные	Брекчии	74	28	20	41,8	15,9	12,1	45
Железисто-марганцевые тропические лессивированные конкреционные	Гранит и двуслюдяной гранито-гнейс	73	27	21	43,7	16,5	13	48
Железисто-марганцевые тропические лессивированные конкреционные	Каолинит из гранита и двуслюдяного гранито-гнейса	12	4	3	31,9	11,9	9,2	57
Железисто-марганцевые тропические лессивированные конкреционные	Каолинит из элювия	10	4	3	30,1	11	8,6	53

Окончание таблицы 2

Название почвы	Почвообразующая порода	Тон в 1 канале	Тон в 3 канале	Тон в 5 канале	Стандартное отклонение тона в 1 канале	Стандартное отклонение тона в 3 канале	Стандартное отклонение тона в 5 канале	Номер на дендрограмме (рис. 1)
Железисто-марганцевые тропические лессивированные конкреционные	Каолинит из ферромагниевого порфиroidного элювия и гранита	61	23	17	48	18,1	14,4	54
Железисто-марганцевые тропические лессивированные конкреционные	Элювий порфиритов и гранитов	76	29	22	37,9	14,6	11,6	46
Железисто-марганцевые тропические лессивированные уплотненные	Двуслюдяной гранито-гнейс	16	6	5	36,4	14,2	11,7	62
Железисто-марганцевые тропические лессивированные уплотненные	Каолинит из брекчии	46	17	13	49,1	18,1	13,5	68
Железисто-марганцевые тропические слаболесивированные и глинистые	Каолинит из биотитового гнейса	30	11	8	45,5	16,4	12,6	23
Неразвитые минеральные эродированные	На разных породах	88	33	24	27,3	10,3	9	2
Слаборазвитые намывные гидроморфные	Прибрежные морские пески	36	17	14	54,2	25,2	24,3	6
Ферралитные слабонасыщенные гидроморфные	Глины	40	17	17	46,8	18,2	17	88
Ферралитные слабонасыщенные обедненные	Переотложенные песчано-глинистые породы и песчаники	83	32	28	36,9	14,4	12,9	86
Ферралитные слабонасыщенные обедненные	Песчаники и коллювий	86	33	28	29,2	11	10,9	84
Ферралитные слабонасыщенные обедненные	Песчано-глинистые рыхлые отложения	75	29	28	40,2	15,5	15,8	85
Ферралитные слабонасыщенные эродированные	Кислый гранито-гнейс	34	12	9	46,7	16,6	13	90
Ферралитные средненасыщенные типичные	Брекчии и гнейс	45	17	13	48,9	18,5	15	96

Также это свидетельствует о том, что простое дешифрирование почв региона исследований по тону изображения в одном из каналов съемки вряд ли возможно.

На рисунке 2 представлена дендрограмма сходства почв Бенина по тону их изображения на снимках Landsat. Анализ дендрограммы показывает, что в отдельную группу выделяются железисто-марганцевые лессивированные почвы на каолинитах и гнейсо-гранитах, которые характеризуются самыми низкими значениями тона изображения во всех анализируемых каналах. В отдельную группу выделились подобные же почвы, но развитые на песчано-глинистых отложениях и элювии порфиритов и гранитов. Более светлым тоном и небольшой его вариативностью отличается группа, куда вошли гидроморфные и обедненные почвы на аллювии и брекчиях. Еще одну группу образовали вертисоли и железисто-марганцевые тропические лессивированные почвы на песчано-глинистых породах и песчаниках. Ни в какие группы не объединяются гидроморфные органогенные почв, почвы на морских и четвертичных песках.

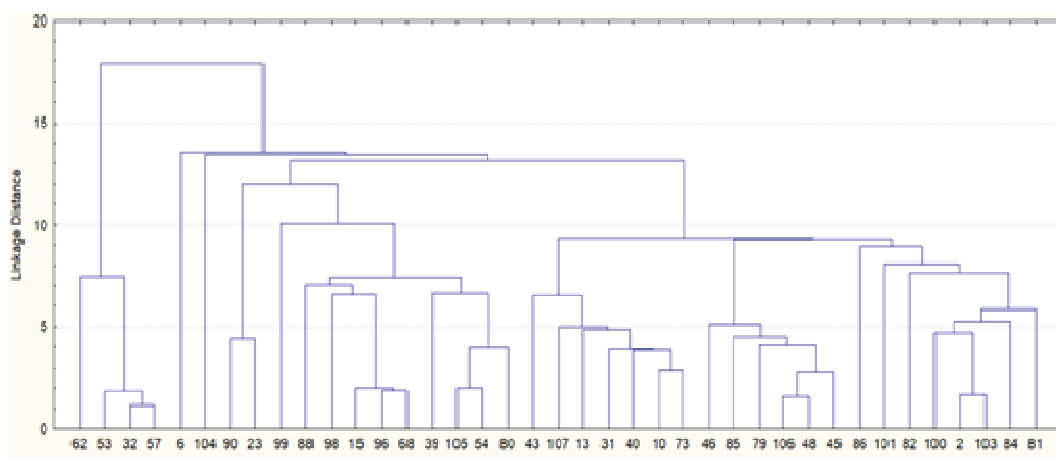


Рис. 1. Дендрограмма сходства почв Бенина по тону их изображения и его стандартному отклонению в 1, 3 и 5 каналах Landsat

При этом почвы одного классификационного положения не объединяются по отдельным группам. Лучше объединяются в группы почвы на схожих по вещественному составу почвообразующих породах, но и в этом случае отмечается достаточно много исключений из общего правила.

По-видимому, это связано с влиянием на характер изображения растительности и с низкой индикационной ролью растительности. То есть на почвах разного классификационного положения произрастает одинаковая растительность, которая характеризуется схожими тоновыми характеристиками, что и приводит к тому, что разные почвы попадают в одну группу.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований установлено, что выделить все почвы, изображенные на почвенной карте, по спутниковым изображениям Landsat для территории исследований невозможно.

Более достоверно выделяются по тоновым характеристикам почвы, развитые на одинаковых почвообразующих породах.

Выявленные особенности группировки почв по тоновым признакам скорее всего связаны с особенностями свойств поверхности почв, а также с типом произрастающей на них растительности.

Найденные закономерности могут быть использованы для корректировки почвенной карты Бенина, а также для организации спутникового мониторинга почвенного покрова республики.

© Р. Какпо, И.Ю. Савин, 2017.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] *Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С.* Качество почв России для сельскохозяйственного использования // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2013. № 6. С. 41—45.
- [2] *Савин И.Ю.* Использование спутниковых данных для составления почвенных карт: современные тенденции и проблемы // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016. Т. 13. № 6. С. 29—39.
- [3] *Симакова М.С., Савин И.Ю.* Использование материалов аэро- и космической съемки в картографировании почв: пути развития, состояние, задачи // *Почвоведение*. 1998. № 11. С. 1339—1347.
- [4] *Brevik E.C., Calzolari C., Miller B.A., Pereira P., Kabala C., Baumgarten A., Jordán A.* Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions // *Geoderma* 264 (2016) 256—274
- [5] *Classification des sols*. Edition 1967. Paris: CPCPS.
- [6] *Faure P., Viennot M.* Carte pedologique de reconnaissance a 1/200000, Bondy, France. 1976.

Сведения об авторах:

Какпо Р. — стажер агроинженерного департамента Российского университета дружбы народов; e-mail: rolemair@yahoo.fr

Савин Игорь Юрьевич — член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор агроинженерного департамента Российского университета дружбы народов; e-mail: savin_iyu@pfur.ru

Для цитирования:

Какпо Р., Савин И.Ю. Возможности распознавания почв Бенина по спутниковым изображениям Landsat // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 4. С. 332—340. DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340.

DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340

POSSIBILITIES OF DETECTING OF SOILS OF BENIN BASED ON LANDSAT SATELLITE IMAGES

R. Какпо, I.Yu. Savin

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, Russia, 117198

Abstract. An analysis of the possibility of using Landsat satellite data for the recognition of the most widespread soils of Benin was made. It was found that it is impossible to detect all the soils depicted on the soil map based on Landsat satellite images for the research area. More accurately, the soils developed

on identical soil-forming rocks are distinguished. The revealed features of the grouping of soils by image tone characteristics are most likely due to the specific properties of the soil surface, and also to the type of vegetation growing on them. The found specifics of soil detection can be used to adjust the soil map of Benin, as well as to organize satellite monitoring of soils of the Benin Republic.

Key words: soils, Benin, Landsat, soils recognition, soil map

REFERENCES

- [1] Ivanov A.L., Savin I.YU., Stolbovoj V.S. Kachestvo pochv Rossii dlya sel'skohozyajstvennogo ispol'zovaniya. *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*. 2013. № 6. S. 41—45.
- [2] Savin I.YU. Ispol'zovanie sputnikovyh dannyh dlya sostavleniya pochvennyh kart: sovremennye tendencii i problemy. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2016. Т. 13. № 6. S. 29—39.
- [3] Simakova M.S., Savin I.YU. Ispol'zovanie materialov aehro- i kosmicheskoy s'emki v kartografirovanii pochv: puti razvitiya, sostoyanie, zadachi. *Pochvovedenie*. 1998. № 11. S. 1339—1347.
- [4] Brevik E.C., Calzolari C., Miller B.A., Pereira P., Kabala C., Baumgarten A., Jordán A. Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions. *Geoderma* 264 (2016) 256—274.
- [5] Classification des sols. Edition 1967. Paris: CPCS.
- [6] Faure P., Viennot M. Carte pedologique de reconnaissance a 1/200000, Bondy, France. 1976.

For citation:

Какпо Р., Савин И.Ю. Possibilities of detecting of soils of Benin based on Landsat satellite image. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 2017, 12 (4), 332—340. DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-4-332-340.