

## **ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПАСТБИЩ**

*Айжанат Гопаловна Сванкулова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант, тел. (999)464-02-85, e-mail: ASvankulova95@mail.ru

*Екатерина Николаевна Кулик*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотограмметрии и дистанционного зондирования, тел. (383)361-08-66, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

Освещена роль дистанционного зондирования и данных спутниковых наблюдений в оптическом и инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра для решения широкого круга задач мониторинга пастбищ. В статье изложены требования к снимкам с космических аппаратов Landsat 8 и Sentinel-2 для проведения мониторинга пастбищ на территории Кош-Агачского района Республики Алтай. Рассмотрены основные характеристики съемочной аппаратуры данных спутниковых систем. Получение данных рекомендуется осуществлять с геопортала Earth Explorer, где при выборе материалов указываются: область интереса, процент наличия облачности, период съемки, съемочная система, время съемки. Данные съемок участвуют в формировании информационной модели для определения деградации пастбищ, прослеживания динамики состояния и урожайности пастбищ, а также планирования их рационального использования.

**Ключевые слова:** мониторинг пастбищ, Landsat 8, Sentinel-2, вегетационные индексы.

## **REQUIREMENTS TO THE MATERIALS OF REMOTE SENSING FOR MONITORING THE STATE OF PASTURES**

*Aizhanat G. Svankulova*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, phone: (999)464-02-85, e-mail: ASvankulova95@mail.ru

*Ekaterina N. Kulik*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photogrammetry and Remote Sensing, phone: (383)361-08-66, e-mail: e.n.kulik@ssga.ru

The article is devoted to the role of remote sensing and satellite observation data in the optical and infrared ranges of the electromagnetic spectrum for solving a wide range of pasture monitoring tasks. The article outlines the requirements for images from the Landsat 8 and Sentinel-2 spacecraft for pastures monitoring in the Kosh-Agach district of the Altai Republic. The main characteristics of the imaging equipment of satellite systems data are considered. Data acquisition is recommended from the Earth Explorer geoportal, where the choice of materials includes the following: area of interest, cloudiness percentage, shooting period, shooting system, shooting time. Survey data are involved in the formation of an information model for determining pasture degradation, tracking pasture status and yield dynamics, and planning for their rational use.

**Key words:** pasture monitoring, Landsat 8, Sentinel-2, vegetation indices.

## *Введение*

На сегодняшний день применение материалов дистанционного зондирования для оценки состояния пастбищ и оптимизации их использования привлекает большое внимание.

Пастбища имеют экологическое, экономическое и социальное значение, так как являются важной составляющей сельского хозяйства и источником кормовых ресурсов. Полноценной информации о состоянии и динамике пастбищ Кош-Агачского района Республики Алтай очень мало, опубликованные данные по Республике Алтай с 1990-х гг. и до настоящего времени отсутствуют в открытом доступе, и не соответствуют нынешним условиям стабильного развития территории [1–3].

К актуальным задачам исследования пастбищ можно причислить оценку влияния снежных катастроф, вызывающих зимнее голодание скота и деградацию пастбищ. Причин деградации пастбищ много, которые, в свою очередь, сложны и разнообразны. Традиционное управление пастбищами должно реализовываться по принципам устойчивости для того, чтобы качество и урожайность пастбищ сохранялись в течение многих лет, поскольку скотоводство всегда было и остается основным источником существования местного населения. Это определяет приоритетность направления исследований и актуальность выбора данной тематики.

В связи с большим охватом территории, обладающей исключительными природно-географическими условиями, для мониторинга пастбищ рассмотрим дистанционные методы, т. е. спутниковые наблюдения, обеспечивающие получение объективной и актуальной информации о состоянии и динамике пастбищ. За счет применения методов дистанционного зондирования возможно повысить уровень достоверности, оперативности и регулярности измерения параметров состояния и динамики пастбищ [4–5].

Задачи исследования:

- проведение комплексных экспериментальных исследований информационных возможностей съемочных систем дистанционного зондирования;
- обоснование требований методов обработки данных спутниковых наблюдений для решения задач оценки состояния и динамики пастбищ.

Главная цель состоит в подборе данных спутниковых наблюдений в оптическом и инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра для решения широкого круга задач мониторинга пастбищ. В итоге необходимо сформулировать критерии выбора съемочной системы, снимки которой наглядно продемонстрируют текущее состояние пастбищ и смежных территорий [6–8]. Для этого планируется рассмотреть съемочные системы, которые используются для решения задач сельского хозяйства и действуют на сегодняшний день. По отобранным снимкам, на основе многопараметрического факторного анализа, будут сформированы и уточнены параметры модели определения деградации пастбищ по степени выпаса скота и продолжительности существования различных видов растительности.

Такая модель описывается определенными типами параметров, которые позволяют оценить в идеальном или же в угнетенном состоянии находится пастбище. В нашем представлении модель включает такие параметры:

- потенциальную продуктивность;
- концентрацию поголовья;
- ландшафт;
- среднегодовое количество осадков;
- уклон;
- альбедо;
- температуру поверхности;
- тип почвы;
- глубину почвы;
- влажность почвы;
- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный относительный индекс растительности);
- VCI (Vegetation Condition Index – индекс состояния растительности) и др.

Оценка параметров модели позволяет проследить динамику состояния и урожайности пастбищ, а также планировать их использование. После оценки некоторых параметров, замечено, что при климатических перепадах модель оценки состояния устойчива к: повышению температуры, повышению сезонных осадков, понижению сезонных осадков, засухе и сухим периодам, понижению продолжительности вегетационного периода, а также при климатических перепадах модель оценки состояния чувствительна к сильным осадкам (по интенсивности и количеству), ветряным и пыльным бурям, наводнениям [9–10].

В ходе исследования анализировались такие модели оценок состояния пастбищ, как:

- модель сукцессии пастбищ;
- модель состояний и переходов (МСП);
- модель аридных территорий;
- модель линейного спектрального разделения (ЛСР).

Для формирования структуры информационной модели, необходимо знать, какие параметры можно будет оценивать и получать не только традиционными методами, но и дистанционными [11]. Традиционными методами можно получить большинство вышеперечисленных параметров, однако с меньшими затратами дистанционными методами можно получить: потенциальную продуктивность; ландшафт; среднегодовое количество осадков; уклон; альбедо; температуру поверхности; тип почвы; влажность почвы; NDVI; VCI. Переход от традиционных подходов к получению параметров дистанционно позволит эффективно изменить всю технологию решений. Аналогичные подходы применялись при создании модели оценки пастбищ в центре эколого-ноосферных исследований НАН Республики Армения (РА) [12]; где исследования проводились на территориях с заметно схожими природно-географическими условиями Республики Алтай. Привлекая космические данные и на-

земные исследования, коллектив авторов сформировал модель линейного спектрального разделения на основе анализа космических данных высокого разрешения QuickBird для получения индикаторов деградации пастбищных земель на примере сельской общины Неркин Сасунашен (Армения) и по данной модели следят за состоянием пастбищ региона. В силу отсутствия возможностей проведения полевых исследований для себя ограничимся только камеральной обработкой данных дистанционного зондирования и статистической информации.

### ***Методы и материалы***

Предъявляемые требования к данным дистанционного зондирования включают различные виды условий как природного характера, так и технического. Например, влияние атмосферы: наличие облачности, поглощение лучей атмосферой, рассеивание лучей, атмосферная дымка. Также предъявляются требования к параметрам орбиты: к форме орбиты, наклонению, периоду обращения, высоте и положению орбиты по отношению к Солнцу. Также необходимо учитывать такие свойства самих снимков, как обзорность и регулярная повторяемость [13–14].

Данные дистанционного зондирования спутниковых систем Landsat 8 и Sentinel-2 рекомендуется использовать в качестве источника информации для оценки состояния пастбищ, поскольку они соответствуют области исследований по параметрам доступности, временного, спектрального и пространственного разрешений.

Спутник Landsat 8, разработанный NASA, с установленными на борту съемочными системами OLI и TIRS, запущен 11 февраля 2013 г. Основные характеристики снимков Landsat 8, получаемых для любой точки земной поверхности, представлены в табл. 1 [15–16]:

На борту спутника установлены многоканальный сканирующий радиометр Operational Land Imager (OLI), который позволяет получить изображения земной поверхности с максимальным разрешением 15 м с использованием усовершенствованных технологий, и сканирующий двухканальный ИК-радиометр Thermal InfraRed Sensor (TIRS).

Sentinel-2, также имеющий на борту оптико-электронный съемочный аппарат, разработан Европейским космическим агентством и запущен 23 июня 2015 г., имеет следующие характеристики, представленные в табл. 2 [17–18]:

Одной из основных задач космического сервиса является организация удобной работы с данными спутникового мониторинга. Хранятся данные съемок на геопортале Earth Explorer сервиса USGS [19], в котором реализована возможность осуществлять поиск с выбором многих критериев, например, указывать пороговое значение процентов наличия облачности или вести поиск снимков по датам, виду съемочной системы, времени съемки.

Таблица 1

## Характеристики съемочной системы Landsat 8

Каналы спутника и их разрешение		
Номера спектральных каналов	Длины волн, мкм	Разрешение (размер 1 пикселя), м
Диапазоны OLI		
1	0,433 – 0,453	30
2	0,450 – 0,515	30
3	0,525 – 0,600	30
4	0,630 – 0,680	30
5	0,845 – 0,885	30
6	1,560 – 1,660	30
7	2,100 – 2,300	30
8	0,500 – 0,680	15
9	1,360 – 1,390	30
Диапазоны TIRS		
10	10,30 – 11,30	100
11	11,50 – 12,50	100
Описание съемочной аппаратуры:		
Режим съемки	моносъемка	
Радиометрическое разрешение	16 бит на пиксель	
Ширина полосы съемки	185 км	
Периодичность съемки	1 раз в 16 суток	

Таблица 2

## Характеристики съемочной системы Sentinel-2

Каналы спутника и их разрешение		
Номера спектральных каналов	Длины волн, мкм	Разрешение (размер 1 пикселя), м
1	0,439 – 0,535	10
2	0,537 – 0,582	10
3	0,646 – 0,685	10
4	0,767 – 0,908	10
5	0,694 – 0,714	20
6	0,731 – 0,749	20
7	0,768 – 0,796	20
8	0,848 – 0,881	20
9	1,539 – 1,681	20
10	2,072 – 2,312	20
11	0,421 – 0,457	60
12	0,931 – 0,958	60
13	1,338 – 1,414	60
Описание съемочной аппаратуры:		
Режим съемки	гиперспектральный	
Радиометрическое разрешение	12 бит на пиксель	
Ширина полосы съемки	290 км	
Периодичность съемки	1 раз в 10 суток	

Для того чтобы скачать данные на интересующий регион, задаем необходимый набор параметров: координаты области интереса (Кош-Агачского района), выбираем сезон съемки (летний период: состояние пастбищ можно проследить в это время), выбираем съемочные системы, которые соответствуют целям исследования (Landsat 8 и Sentinel-2). Функция предпросмотра позволяет выбрать из предложенного списка те снимки, которые полностью перекрывают область интереса и обладают наименьшей облачностью.

### ***Результаты***

В соответствии с требованиями, для целей прослеживания динамики состояния пастбищ и анализа смежной территории были отобраны снимки, полученные в июне-августе 2016, 2017 и 2018 гг. Сезон съемки был выбран согласно климатических условий района, который исследуем (зима длится более 7 месяцев, длительное наличие снежного покрова) и в соответствии с задачами изучения вегетации [20]. Порог наличия облачности задавался значением 10 %, время съемки: дневное время суток.

### ***Заключение***

По результатам проведенных исследований были определены параметры и условия съемки, учет которых необходимо проводить при выборе материалов дистанционного зондирования для целей оценки состояния пастбищ горной местности Кош-Агачского района Республики Алтай:

- влияние атмосферы (наличие облачности не более 10 % площади сцены);
- время суток (дневное);
- сезон выполнения съемок (снимки летнего периода).

Преимущества съемочных систем:

- Landsat 8: согласно параметрам пространственного разрешения и территориального охвата позволяет комплексно оценивать большие территории;
- Sentinel-2: пространственное разрешение и регулярная повторяемость с широкой полосой охвата позволяют получать снимки большой площади с высокой детализацией.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Антонов В. Н., Сладких Е. Ю., Сахарова Е. Ю., Сапрыкин Е. И. Использование спутниковых данных в сельском хозяйстве / Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов // Труды всероссийской конференции (24-28 августа 2015 г.). – с. Усть-Сема, Республика Алтай, 2015. – С. 152–156.
2. Оспонбаев В. М. Статистические данные сельскохозяйственных угодий Кош-Агачского района Республики Алтай // Комитет по земельным ресурсам Кош-Агачского района Республики Алтай, 2017. – 12 с.
3. Бердников А. В. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2016 г. – Горно-Алтайск, 2017. – 127 с.

4. Юнусбаев У. Б. Оптимизация нагрузки на естественные степные пастбища: Методическое пособие. – Саратов : Научная книга, 2001. – 48 с.
5. Робертус Ю. В., Байлагасов Л. В., Толбина З. Б., Любимов Р. В., Манышева Т. В., Аильдашев Д. К., Мамыев Д. И. Методические рекомендации по организации оптимального использования пастбищ в Алтае-Саянском экорегионе (на примере Каракольской долины в Республике Алтай) – Красноярск, Сохранение степей России, 2010. – 48 с.
6. Сахарова Е. Ю., Сладких Л. А., Кулик Е. Н. Спутниковый мониторинг состояния посевов зерновых культур с использованием индекса вегетации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 47–52.
7. Кулик Е. Н., Дедкова В. В., Заварзина А. С., Сахарова Е. Ю. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования для эффективных решений задач сельского хозяйства // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сб. материалов Нац. науч.-практ. конф. в 2 ч. (14–15 декабря 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – Ч. 1. – С. 158–161.
8. Кулик Е. Н., Сахарова Е. Ю. Распознавание пахотных земель на основе сезонной изменчивости характеристик растительного // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 23–27 апреля 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. Т. 1. – С. 3–6.
9. Исаков А. Мониторинг состояния пастбищ (ИСЦАУЗР) инициатива стран Центральной Азии по управлению земельными ресурсами [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.cawater-info.net/bk/water\\_land\\_resources\\_use](http://www.cawater-info.net/bk/water_land_resources_use) (дата обращения: 12.02.2019).
10. Робертус Ю. В., Байлагасов Л. В., Толбина З. Б., Любимов Р. В., Ледяева Н. В., Манышева Т. В. Состояние и пути оптимизации использования пастбищ на Российской территории хребта Сайлюгем (Республика Алтай) : метод. пособие. – Горно-Алтайск : Предприниматель А. Орехов, 2011. – 68 с.
11. Исаков А., Торссон Й. Оценка состояния земель в Кыргызской Республике с точки зрения выпаса скота и возможное развитие системы квотирования на уровне местного самоуправления [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.naturalresources-centralasia.org/flermoneca/assets/files/Assessment20grazing\\_RU.pdf](http://www.naturalresources-centralasia.org/flermoneca/assets/files/Assessment20grazing_RU.pdf) (дата обращения: 20.02.2019).
12. Тепаносян Г., Сагателян А., Асмарян Ш., Мурадян В. Использование метода линейного спектрального разделения для получения индикаторов деградации сельскохозяйственных земель / Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли // Материалы III международной научной конференции (Красноярск, 13–16 сентября 2016 г.). – Ереван: Центр эколого-ноосферных исследований НАН Республики Армения, 2016. – 189 с.
13. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений : учебник для вузов. – М. : Техносфера, 2010. – 560 с.
14. Кашкин В. Б., Сухинин А. И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений : учебник для вузов. – М. : Логос, 2001. – 264 с.
15. Landsat 8 Instruments, Data products // USGS science for a changing [Electronic resource]. – Mode of access: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8> (дата обращения: 01.03.2019).
16. Какпо Р., Савин И. Ю. Возможности распознавания почв Бенина по спутниковым изображениям Landsat // Вестник РУДН. Серия: Агронимия и животноводство. – 2017. – Т. 12. № 4. – С. 332–340.
17. Sentinel-2, Missions // ESA Sentinel online [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (дата обращения: 28.02.2019).

18. Дворкин Б. А. Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel // Геоматика [Electronic resource]. – Mode of access: <http://geomatica.ru/courses/276> (дата обращения: 05.03.2019).

19. EarthExplorer – Home // USGS science for a changing [Electronic resource]. – Mode of access: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 21.02.2019).

20. Характеристика природных климатических условий Кош-Агачского района Республики Алтай [Electronic resource]. – Mode of access: <http://znakka4estva.ru/dokumenty/geodeziya-i-geologiya/harakteristika> (дата обращения: 28.01.2019).

© А. Г. Сванкулова, Е. Н. Кулик, 2019