

УДК 91: 004 + 528.7

## МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПУСТЫННО-ПАСТБИЦНЫХ ЭКОСИСТЕМ

О.М. Бедарева, Л.С. Мурачёва

ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»,  
Россия, 236022, г. Калининград, Советский проспект, 1  
E-mail: [olgabedareva@mail.ru](mailto:olgabedareva@mail.ru), [muracheva.l@yandex.ru](mailto:muracheva.l@yandex.ru)

Рассмотрены методические основы инвентаризации пустынно-пастбищной растительности с применением разнообразных методов дистанционного зондирования. Аэрокосмические снимки, обладая значительной обзорностью и информативностью, позволяют объективно оценить обстановку и принять эффективные меры, направленные на сохранение природных кормовых угодий различных природных зон.

*экосистема, пустынно-пастбищная растительность, аэрокосмоснимки, ГИС, дистанционные методы*

### ВВЕДЕНИЕ

Применение аэрокосмических методов при инвентаризации древесной, кустарниковой и травянистой растительности пустынных зон связано с труднодоступностью аридных территорий, а также с необходимостью слежения за их состоянием по сезонам года. Изучение материалов аэрокосмической съемки, особенно в сравнении их за различные периоды (3-5 лет), позволяет отметить изменения растительного покрова по отдельным регионам, объектам строительства, местам массового скопления скота.

Использование аэрокосмических снимков дает возможность получить ряд характеристик ландшафтных изменений, по которым намечается очередность проведения хозяйственных мероприятий (улучшение пастбищ, рекультивация земель и т.д.). На вышеупомянутых снимках путем дешифрирования растительности, особенно производной, хорошо распознаются все варианты культуртехнического состояния сенокосов и пастбищ, живые станции песчанок, дороги, тропы. Установлено, что на космических снимках хорошо видны колодцы и скважины, определяемые по светлым пятнам выбитых пастбищ. Менее отчетливо просматриваются дороги и тропы (скотопрогоны), соединяющие отдельные колодцы. Наиболее четко дешифрируются территории с интенсивной хозяйственной деятельностью и участки тугайной растительности.

По космическим снимкам М 1:100000 можно оценить сомкнутость насаждений и соответственно произвести оконтуривание лесных выделов с достаточной точностью. Однако только комплексное использование космических снимков с подспутниковой аэрофотосъемкой и наземным контролем позволило разработать технологию инвентаризации древесной и кустарниковой растительности [1].

Основная цель работы заключается в разработке методологии использования средств дистанционной индикации для анализа продуктивности пастбищной растительности, степени ее антропогенной трансформации и картографирования.

## МЕТОДЫ

Объектом исследования является пустынная растительность. В статье использованы классификационный подход и определение типа пустынной растительности [2-4]. Пустынный тип растительности понимается как объединение растительных сообществ с доминированием гиперксерофильных, ксерофильных микро- и мезотермных растений различных жизненных форм, преимущественно полукустарников, полукустарничков, кустарников и полудеревьев. При описании растительного покрова использована карта растительности Казахстана и Средней Азии (1995) и легенда к ней, в которой растительные сообщества пустынь сгруппированы по совокупности структурно-физиономических и экологических признаков в эколого-физиономические категории.

Поскольку в данной работе структура и динамика экосистем рассматриваются через призму растительности как основного компонента, являющегося объектом детальных исследований, термин «экосистема» трактуется в более узком смысле - как ценоэкосистема в понимании Б.А. Быкова [4].

Объекты для опытных работ и организации аэрокосмического мониторинга выбраны с учетом природных условий пустынь Казахстана, их структурных элементов и поставленной задачи, направленной на исследование широкой представленности природных пастбищ.

Исходя из такой целенаправленности работ объект в Мойынкуме был принят в виде маршрутов, пересекающих пустыню с юга на север, протяженностью 455 км. Для проведения исследований на маршруте выделены тестовые участки, эталонирующие различные пастбищные уголья. В Сарыесик-Атырау использован метод полигонов и маршрутов.

Эталонные (тестовые) участки для осуществления на них крупномасштабной (КМ) аэрофотосъемки, фотометрических измерений, наземных исследований и камерального дешифрирования выбраны исходя из условия обеспечения этими участками репрезентативности изучаемых показателей природных комплексов на территории, подлежащей картированию. Следовательно, тестовые участки должны характеризовать элементы ландшафта и его антропогенные модификации, отражать характерные черты пастбищных типов и разностей, а также результаты эксплуатационной нагрузки на них, учитывать особенности процессов опустынивания, засоления и обводнённости местности и другие явления. Тестовые участки покрыты маршрутной КМ аэрофотосъемкой масштаба 1:1500. Территориально они представляют собой отрезки маршрута длиной от 1 до 1,5 км. Ширина их определена шириной захвата одного маршрута КМ аэрофотосъемки и примерно равна 160-180 м. Интервал между тестовыми участками колеблется от 3 до 12 км. Всего на маршрутах выделено 96 тестовых участков для их съемок и последующих исследований в двух повторностях. Размещение тестовых участков определено по картографическому материалу и космическим фотоснимкам (КФС). Подобный

прием, по сути, представляет собой воплощение ландшафтно-экологического профилирования разнообразных пустынных территорий.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСУЖДЕНИЙ

Выбор территории определен как научной, так и производственной целесообразностью: объекты научных исследований в Мойынкуме совмещены (территориально) с производственным объектом (Мойынкумский лесхоз) по инвентаризации древесной и кустарниковой растительности на основе аэрокосмической съемки. Территория объекта в исследовательских и производственных целях покрыта выборочной КМ аэрофотосъемкой масштаба 1:1500. Размещение фотопроб по территории произведено по принципу систематической выборки с интервалами между ними 2,5×5,0 км.

Для натуральных исследований на этом объекте подобрано и отбито в натуре 50 таксационно-дешифровочных пробных площадей (ТДПП), представляющих собой саксауловые фитоценозы, которые находятся в зоне перекрытия соответственными фотопробами.

Очевидно, что выбранные для опытных работ объекты отвечают задаче по разработке технологии аэрокосмической оценки кормовых ресурсов пустынных пастбищ, так как широко представляют их разнообразие и потому позволяют изучить возможности индикации пастбищных экосистем дистанционными методами.

На объектах были применены различные методические подходы закладки учетных участков для проведения исследований (тестовые участки и ТДПП). Такое различие определено, в частности, целевым предназначением объектов. На полигонах в Сарыесик-Атырау изучались элементы экосистем, их дешифровочные признаки (индикаторы) по сезонам, изобразительные свойства КМ аэрофотосъемки и информативность аэроснимков, отрабатывались синхронность КМ аэрофотосъемки и аэрофотометрии, технология аэрокосмической службы слежения за состоянием пустынных пастбищ. На объекте в Мойынкумском лесхозе применен комплексный подход в оценке кормовых ресурсов с использованием разнообразных методов дистанционного зондирования. Оба песчаных массива исследовались на предмет тематического картографирования, получения серии оценочных карт.

В Сарыесик-Атырау применен метод полигонов (Аккольский и Каройский полигоны – 10х10 км) и ландшафтно-экологических рядов для целей типологии и динамики пастбищной растительности. Использование тестовых полигонов вполне оправдано, так как, с одной стороны, они отражают разнообразие зонально-подзональных типов растительности, а с другой – многообразие хозяйственной деятельности и различную степень нагрузки. Полигоны функционирует с 1985 г., отбиты инструментально и закреплены на местности семью просеками-маршрутами общей протяженностью 70 км.

Для создания ГИС изучаемого полигона были созданы и использованы следующие слои:

А. Инвентаризационные:

- 1) топографическая карта;
- 2) черно-белое изображение спутника «Ресурс МСУ-СК».

Б. Тематические:

- 1) карта растительности;

- 2) карта природных кормовых угодий;
- 3) карта сезонности пастбищ;
- 4) почвенная карта;
- 5) геоморфологическая карта.

Моделирование различных слоев ГИС позволило получить разнообразную аналитическую информацию о состоянии растительности. Для создания тематических карт также была привлечена информация, содержащаяся в ряде других картографических источников.

Опытные работы выполнялись на методической основе, разработанной в соответствии с поставленной задачей и программными вопросами. Узловые моменты этой методики включают три основных этапа: подготовительный, полевых (натурных) исследований, камеральный.

Подготовительные работы заключались в подборе объектов исходя из принципа обеспечения ими наиболее полной представленности природных комплексов и, в частности, растительности, характерной для средних пустынь Казахстана. В подготовительный период изучали документы по инвентаризации пустынных растительных объектов и, прежде всего: подбор космоснимков М 1:100000 и 1:300000, проведение крупномасштабной аэрофотосъемки (фотопробы М 1:1500), закладка таксационно-дешифровочных пробных площадей (ТДПП). Выборочная КМ АФС и аэрофотометрические измерения осуществлялись одновременно и с одного самолета (АН-2). При этом аэрофотосъемка на маршрутах полигона (Сарыесик-Атырау) производилась сплошными сериями аэрофотоснимков по маршрутам-просекам или дискретными стереопарами (Мойынкум), а фотометрические измерения растительного покрова – непрерывно, синхронно с крупномасштабной аэрофотосъемкой. При выполнении выборочной крупномасштабной съемки по принципу систематической выборки неперенным условием являлось опознавание (нахождение) фотопроб на космических снимках или по топографическим картам М 1:100000 (таблица).

Таблица. Оценки основных ориентиров на крупномасштабную АФС  
Table 1. Estimations of the basic reference points on large-scale AFS

№ п/п	Виды ориентиров	Оценка ориентиров				Пригодность для пользования
		по видимости	по точности положения на карте	по сезонам года		
				весна	лето, осень	
1	2	3	4	5	6	7
1	Населенные пункты	Отлично	Отлично	Отлично	Отлично	Пригоден
2	Стойбища у колодцев	Хорошо	Хорошо	Хорошо	Удовл.	Пригоден
3	Железные дороги	Отлично	Отлично	Отлично	Отлично	Пригоден
4	Грунтовые дороги частого пользования	Хорошо	Отлично	Отлично	Хорошо	Пригоден
5	Временные грунтовые дороги и караванные пути	Удовл.	Удовл.	Хорошо	Удовл.	Непригоден
6	Реки и каналы	Отлично	Хорошо	Отлично	Отлично	Пригоден
7	Озера фильтрации	Отлично	Удовл.	Отлично	Хорошо	Допустим

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
8	Старые русла	Хорошо	Хорошо	Отлично		Пригоден
9	Скопление барханных песков	Хорошо	Хорошо	Отлично	Хорошо	Пригоден
10	Песчаные гряды	Удовл.	Удовл.	Хорошо	Удовл.	Допустим
11	Такыры	Хорошо	Отлично	Хорошо	Отлично	Пригоден
12	Солончаки	Удовл.	Хорошо	Удовл.	Отлично	Допустим
13	Кыры	Отлично	Отлично	Отлично	Отлично	Пригоден

Крупномасштабная АФС производится на черно-белую пленку (тип-22) в масштабах 1:1000+1:15000. Для обеспечения заданных параметров аэрофотосъемки (М 1:1500, сдвиг 0,1 мм, перекрытие 60%) необходимо использование длиннофокусных аэрофотоаппаратов.

После проведения КМ АФС готовится контактная печать. На каждом аэроснимке формулой показывается принадлежность его определенному объекту исследований и время производства съемочных работ (например: 15.05.05. VI/31-4, где 15.05.05 - дата аэрофотосъемки, VI - номер маршрута, 31- номер фотопробы, 4 - номер кадра).

Аэрофотометрические измерения выполняются полевым двухканальным фотометром МФ-2. По данным фотометрических замеров коэффициентов яркости системы почва-растительность рассчитывается фитомасса (ц/га) в сухом виде в границах ТДПП или тестового участка.

На полигонах в Сарыесик-Атырау КМ АФС тестовых участков и фотометрические измерения растительности на них произведены в двух повторностях в целях повышения информативности АФС и изучения изменений фитомассы растительности в связи с сезонностью ее аспектов. В Мойынкуме аэрофотометрические наблюдения осуществлялись по маршрутам с одновременным получением стереопар КМ АФС.

Цель натуральных исследований (геоботанических, лесотаксационных, почвенных и др.) - сбор информации для изучения возможностей определения дистанционными методами видового состава и структуры растительных сообществ, таксационных характеристик видов, оценки продуктивности пастбищных угодий и их состояния, наличия дигрессионных процессов.

Для натуральных исследований производилась подготовка крупномасштабных аэроснимков: привязка их к мелкомасштабным фотоматериалам, фиксирование на них ТДПП, контурное дешифрирование.

Данные натуральных исследований, проведенных на тестовых участках, положены в основу изучения дешифровочных признаков. Для оценки урожайности применен фотометрический метод в комплексе с дешифрированием крупномасштабных аэрофотоснимков [5].

Третий этап - камеральные работы - заключался в выполнении цикла работ, направленных на изучение дешифровочных признаков для индикации пустынных пастбищных угодий, оформления картографических материалов (разных уровней). Аналитико-измерительное дешифрирование таксационных показателей производилось с использованием стереоскопов СЭС, ODSS и Ms27. Измерение линейных величин, а также показателей проективного покрытия выполнено с помощью шкал и палеток. Визуальное дешифрирование проективного покрытия проведено методом эталонирования.

Отличительной особенностью предлагаемой технологии является комплексный подход, заключающийся в сочетании нескольких методов дистанционного зондирования, каждый из которых обладает известной

автономностью, но при совокупном использовании намного повышает точность исследования. Рассмотренные методы применимы не только при изучении пустынно-пастбищной растительности. Данные спутниковых измерений важны при оценке состояния сельскохозяйственных культур (степень засоренности полей, распознавания сельскохозяйственных объектов, состояния культур после перезимовки).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществлена классификация опытного материала с использованием факторного и дискриминантного анализов, кластеризацией экспериментальных данных с применением стратегий ближайшего соседа и Уорда. Таким образом, при изучении растительности пустынных экосистем использованы как традиционные методы геоботанических, ботанико-географических, флористических, лесотаксационных исследований, так и новые методы дистанционного зондирования. Применение современных приборов при полевых исследованиях (GPS) и компьютерного оборудования при обработке данных позволило получить информацию на качественно новом уровне, с точной территориальной привязкой в виде разнообразных графических моделей и баз данных [6]. Разработанная технология открывает перспективы многоступенчатого мониторинга природных кормовых угодий различных природных зон РФ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бедарев, С.А. Пастбища и космос / С.А. Бедарев, О.М. Бедарева, Б.А. Тулеубаев. – Алма-Ата, 1993. – 99 с.
2. Рачковская, Е.И. Растительность гобийских пустынь Монголии / Е.И. Рачковская. – СПб., 1993. - С. 103 - 120.
3. Рачковская, Е.И. О пустынном типе растительности / Е.И. Рачковская // Ботанический журнал. - 1995. - Т. 80. - № 9. - С. 53 - 58.
4. Быков, Б.А. Экологический словарь / Б.А. Быков. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 212 с.
5. Бедарева, О.М. Возможности крупномасштабного дешифрирования при определении диаметров крон пастбищных растений / О.М. Бедарева // Известия национальной академии наук Республики Казахстан. - Сер. Биологическая и медицинская. - 2006. - № 6 (258). - С. 28 - 32.
6. Бедарева, О.М. Статистические методы классификации опытных данных / О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов, В.С. Бедарев // Инновации в науке и образовании – 2005: междунар. науч. конф., посвященная 75-летию основания КГТУ и 750-летию Кёнигсберга – Калининграда (19-21 окт.): материалы / КГТУ. – Калининград, 2006. – С. 36-40.

#### METHODS OF REMOTE SOUNDING IN RESEARCHES OF DESERTED-PASTURABLE ECOSYSTEMS

O.M. Bedareva, L.S. Muracheva

In article methodical bases of inventory of deserted-pasturable vegetation with application of various methods of remote sounding are considered.

*ecosystem, deserted-pasturable vegetation, aero-cosmopictures, GIS, remote methods*

БЕДАРЕВА Ольга Михайловна д-р биол. наук, зав. кафедрой агропочвоведения и агроэкологии Калининградского государственного технического университета  
236022, г. Калининград, ул. Советский пр., 1  
Тел.: (8-4012) 219901; E-mail: [olgabedareva@mail.ru](mailto:olgabedareva@mail.ru)

МУРАЧЁВА Любовь Семёновна, кандидат биологических наук, доцент кафедры агропочвоведения и агроэкологии Калининградского государственного технического университета

236022, г. Калининград, ул. Советский пр., 1  
Тел.: (8-4012) 219901; E-mail: [muracheva.l@yandex.ru](mailto:muracheva.l@yandex.ru)

Bedareva Olga Michajlovna, «Kaliningrad State Technical University», Managing  
agrosoil and agroecology chair Doctor of Biological Science, Assistant Professor  
The address: 236022 Kaliningrad, the Soviet avenue, 1  
Phone (w): 8-4012-219901

Muracheva Ljubov Semenovna, «Kaliningrad State Technical University», The  
candidate of Biological Science, Assistant Professor of agrosoil and agroecology chair  
The address: 236022 Kaliningrad, the Soviet avenue, 1  
Phone (w): 8-4012-219901