

На правах рукописи

Бедарева Ольга Михайловна

**ЭКОСИСТЕМЫ СРЕДНИХ ПУСТЫНЬ КАЗАХСТАНА И ИХ
ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

03.00.16 – экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора биологических наук

Калининград
2009

Работа выполнена в Федеральном государственном образовательном
учреждении высшего профессионального образования
«Калининградский государственный технический университет»

Научные консультанты:

академик Национальной Академии Наук
Республики Казахстан,
доктор биологических наук
Байтулин Иса Омарович

профессор, доктор сельскохозяйственных наук
Хлюстов Виталий Константинович

Официальные оппоненты:

академик Российской Академии Наук,
доктор биологических наук
Коропачинский Игорь Юрьевич

профессор, доктор сельскохозяйственных наук
Любимов Александр Владимирович

профессор, доктор сельскохозяйственных наук
Панасин Владимир Ильич

Ведущая организация:

Федеральное государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования Санкт-Петербургский
государственный аграрный университет

Защита состоится «_10_»_апреля_2009 года в 16.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.084.04 при Российском государственном университете им. И. Канта по адресу: 236040, Калининград, ул. Университетская, д. 2, факультет биоэкологии, аудитория 143, тел. (4012) 53-37-07; (4012) 53-37-75.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного университета им. И. Канта.

Факс: (4012) 53-37-07; (4012) 53-37-75; 8(4012) 91-68-46

Автореферат разослан «____»_____2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент

И.Ю. Губарева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Роль природных кормовых угодий (ПКУ), как естественного ресурса, остаётся незаменимой, и это относится, прежде всего, к пастбищам аридных и экстра-аридных зон Казахстана.

Возрастающие масштабы хозяйственного воздействия на пастбищные экосистемы пустынных регионов требуют все большего внимания к проблеме сохранения их продуктивности, так как естественные кормовые угодья являются решающими для создания прочной кормовой базы.

Среди различных антропогенных факторов, вызывающих нарушение почвенного и растительного покровов пустынных регионов, ведущими являются вырубка древесной и кустарниковой растительности, выпас и сенокошение. Уничтожение деревьев и кустарников можно оценивать как первый шаг к деградации пастбищных экосистем. Многие растения древесного яруса - эдификаторы, средообразователи, определяющие существование других видов растений. В пустынях Казахстана сплошная и очаговая рубка саксаула черного вызвала выпадение из травянистого и кустарничкового ярусов многих видов растений, что привело к снижению биологического разнообразия черносаксауловых пастбищных экосистем.

Недостаточная устойчивость пустынных комплексов, особенно под воздействием антропогенных факторов, обуславливает необходимость систематического или периодического наблюдения за состоянием пустынных пастбищных угодий, получения оперативной информации о направлении и масштабах изменений, происходящих в них. На современном техническом уровне проблема получения информации решается применением дистанционных методов, позволяющих оперативно получать достаточно полный объем сведений о состоянии пустынных экосистем на обширной территории.

Применение аэрокосмических методов, при инвентаризации растительности пустынных зон, в значительной степени связано с труднодоступностью этих территорий. Аэрокосмические снимки, обладая значительной обзорностью и информативностью, позволяют объективно оценить обстановку и принять эффективные меры, направленные на сохранение природных кормовых угодий и их рациональное использование.

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

При выполнении работы поставлены и решены следующие задачи:

- Выявлена взаимосвязь между урожайностью и спектральными коэффициентами яркости (СКЯ) доминирующих ассоциаций и их эдификаторов песчаного массива Мойынкум; построены переводные кривые учёта надземной фитомассы.
- По материалам крупномасштабной аэрофотосъёмки установлены признаки дешифрирования ассоциаций саксаула черного; осуществлено аналитико-измерительное дешифрирование таксационных показателей доминантов пастбищных угодий; оценена достоверность полученных результатов.
- Выявлены закономерности изменения показателей продуктивности саксаула чёрного в зависимости от возраста, линейных параметров роста и других таксационных показателей.
- Построены статистические модели возрастной динамики роста, строения и продуктивности саксаула черного и терескена.
- Осуществлена комплексная оценка методов дистанционного зондирования при инвентаризации пустынно-пастбищной растительности.
- Разработаны качественные и количественные критерии антропогенной трансформации пастбищных экосистем

- Сформулированы предложения к положению аэрокосмической службы слежения за состоянием пастбищных угодий.

Научная новизна. Впервые на большом объеме экспериментального материала проведена комплексная оценка методов дистанционного зондирования, использованных при инвентаризации пустынно-пастбищной растительности.

Создана региональная база данных взаимосвязи динамики урожайности доминирующих ассоциаций пустынь Сарыесик-Атырау и Мойынкум со спектральными коэффициентами яркости. Предложен метод дифференциации урожайности древесного, кустарникового и травянистого ярусов пустынных пастбищных угодий на основании данных аэрофотометрирования и крупномасштабной аэрофотосъемки.

При разработке комплексной технологии лесоустройства пустынных лесхозов методами дистанционного зондирования в качестве экспериментальной основы использован метод полигонов.

Впервые для пустынных лесхозов в результате камерального дешифрирования космических снимков на площади 12 млн га проведена оценка дигрессионных процессов. На примере Уштобинского лесхоза рассмотрена динамика пастбищной дигрессии за более чем десятилетний период.

Изучено современное состояние растительного покрова подзоны средних пустынь и разработаны мероприятия его рационального природопользования и охраны.

В работе обоснованы перспективы использования многоступенчатого мониторинга пустынных пастбищных угодий. Впервые на землях гослесфонда республики Казахстан (Аккольский и Каройский опытные полигоны) апробирована аэрокосмическая служба слежения за состоянием пустынных пастбищ.

Положения, выносимые на защиту:

- Обоснованы оптимальные сроки определения урожайности пустынных пастбищных экосистем аэрофотометрическим методом на основании корреляционных взаимосвязей между спектральными коэффициентами яркости и надземной фитомассой.

- Выявлена эффективность метода аналитико-измерительного и визуального дешифрирования крупномасштабных снимков в определении таксационных показателей пустынно-пастбищной растительности. Достоверность результатов подтверждается данными контактных исследований.

- Проанализирована динамика дигрессионных процессов пустынно-пастбищной растительности по материалам повторных космических съемок с использованием качественных и количественных показателей нарушенности растительного покрова.

- Оценка экологического состояния и антропогенной трансформации пустынных пастбищных экосистем с применением специальных критериев, включающих природную динамику и новые технологии дистанционного зондирования.

Практическая значимость.

При лесоустройстве пустынных лесхозов внедрена технология инвентаризации древесной и кустарниковой растительности методами дистанционного зондирования.

На основании многофакторной классификации опытного материала получены достоверные статистические модели продуктивности саксаула чёрного (общая, товарная, поедаемая фитомассы); таблицы нормативов по общей и поедаемой фитомассе саксаула черного и терескена серого в зависимости от различных таксационных показателей. Эти таблицы могут быть использованы при наземных таксационных работах в процессе лесоустройства и при камеральном измерительном дешифрировании крупномасштабных аэроснимков.

Выявлены количественные и качественные критерии нарушенности растительных сообществ в результате антропогенного воздействия. На основании космических снимков, с использованием материалов тематического картографирования и наземных исследований, получена серия оценочных карт песчаных массивов Сарыесик-Атырау и Мойынкум: антропогенной трансформации, интенсивности использования пастбищных угодий, кормовых угодий, карт лесов.

Полученные результаты используются при чтении курсов лекций на факультете биоресурсов и природопользования КГТУ «Фитоценология», «Агроэкология», «Кормопроизводство».

Апробация работы. Основные результаты доложены на международных и всероссийских конференциях, съездах, включая международную научно-практическую конференцию «Аграрная наука на рубеже веков» (Акмата, 1997); международную научно-практическую конференцию «Перспективы развития животноводства в Северо-западном регионе» (Калининград, 2001); международные научные конференции «Инновации в науке и образовании» (Калининград, 2003, 2005, 2006); международную научную конференцию «Ботаническая наука на службе устойчивого развития стран Центральной Азии» (Алматы, 2003); 4-ый съезд Докучаевского общества почвоведов «Почвы - национальное достояние России» (Новосибирск, 2004); международную научную конференцию «Состояние и перспективы развития почвоведения» (Алматы, 2005); международную научно-практическую конференцию «Вузовская наука сельскому хозяйству» (Барнаул, 2005); всероссийскую конференцию «Природная и антропогенная динамика экосистем» (Иркутск, 2005); всероссийскую конференцию «Экспериментальная информация в почвоведении: теории и пути стандартизации» (Москва, 2005); международную научно-практическую конференцию «Аграрная наука - сельскому хозяйству» (Барнаул, 2006, 2008); международную научно-практическую конференцию «Сельское хозяйство - проблемы и перспективы» (Гродно, 2006); 4-ую международную научную конференцию «Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов» (Элиста, 2006), международную научно-практическую конференцию «Экологические проблемы отраслей народного хозяйства» (Пенза, 2006), международную научную конференцию «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты» (Санкт-Петербург, 2007); всероссийскую научно-практическую конференцию «Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям» (Москва, 2008); международную конференцию, посвященную 450-летию Астрахани «Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря и водоемов внутреннего стока Евразии» (Астрахань, 2008).

Личное участие автора. В основу диссертационной работы положены результаты многолетних (1984-1998 г.г.; 2003, 2004г.) детально-маршрутных и стационарных исследований автора в подзоне Средних пустынь Казахстана (Сарыесик-Атырау, Мойынкум). Приведённые в диссертации фактические данные, их анализ и обобщение, а также картографические материалы выполнены при личном участии автора.

Работа выполнялась в Казахском лесохозяйственном предприятии по научно-исследовательской программе Государственного Комитета СССР по лесу Всесоюзного объединения «Леспроект» 01.08.Н/д: «Разработать технологию аэрокосмической оценки кормовых ресурсов пустынных и полупустынных пастбищ на землях Государственного лесного фонда Казахстана».

Дальнейшая работа входила в план научных исследований в рамках х/договорных тем кафедры физической географии Казахского национального университета (КазНУ) (06.03.110), выполненных совместно с кафедрой геохимии ландшафтов и географии почв МГУ им. М.В. Ломоносова. Кроме того, привлечены материалы, собранные при выполнении госбюджетных тем на кафедре ботаники КазНУ (305.01.602) и кафедрах агрономии, агропочвоведения и агроэкологии ФГОУ ВПО «КГТУ».

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 56 работ, в том числе 2 монографии (с соавторами), 9 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 41 статья в научных журналах, сборниках и материалах конференций, 4 учебно-методических пособия.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 10 глав, выводов, изложена на 370 страницах компьютерного текста, включает список литературы 377 наименований, в том числе 70 на иностранных языках, 59 таблиц, 74 рисунка, 18 приложений.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научным консультантам: академику НАН РК Исе Омаровичу Байтулину за внимание и исключительную помощь на всех этапах моей научной работы - подготовке кандидатской и докторской диссертаций, профессору Виталию Константиновичу Хлюстову за консультации, дискуссии, помощь при выполнении отдельных разделов экспериментальной работы. Я благодарна коллегам: проф. Паракшиной Э.М., проф. Паракшину Ю.П., Мурачевой Л.С., Троян Т.Н., Юсову А.И., Романенковой С.А., Заостровцевой С.К., Ковальчук О.А.

1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПУСТЫНЬ КАЗАХСТАНА

Совершенно очевидно, что характер пустынных пастбищ тесно связан с природными условиями различных типов пустынь и обуславливается ими, поэтому их необходимо учитывать.

Территория пустынь Южного Казахстана относится к континентальным засушливым областям умеренных широт (умеренной, теплой подзоны) (Иванов, 1956). Общей особенностью существования растительности в пустынной зоне является значительная сухость климата при высокой теплообеспеченности. Однако в пределах такой обширной территории климатические условия, прежде всего гидротермические, заметно изменяются с севера на юг и с запада на восток. Наиболее важным широтным климатическим рубежом является граница между северными (холодно-умеренными) и южными (теплоумеренными) пустынями (Евстифеев, Рачковская, 1991). В связи с этим зональный тип пустынь подразделяется на 3 климатически обусловленных типа: северных, средних и южных пустынь.

В работе приведены результаты исследований, проведенных в основном в подзоне средних пустынь Казахстана - пустыня Сарыесик-Атырау, песчаный массив Мойынкум, часть сведений касается казахстанской части Кызылкумов – южная подзона, кроме того работы по исследованию саксаульников проведены в некоторых частях подзоны северных пустынь.

2. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В главе представлен аналитический обзор методов дистанционного зондирования при оценке состояния и продуктивности растительного покрова, картографировании.

Внимание уделено проблеме изучения спектральной отражательной способности растительных сообществ и почв, а также факторам, влияющим на отражательные характеристики системы в целом. Рассмотрен прикладной аспект проблемы использования отражательной способности почв и растительного покрова для решения целого ряда задач (Тихомиров, 1951; Козлова, 1955; Рачкулик, Ситникова, 1966, 1981, 1986; Федченко, 1982; Кондратьев, Федченко, 1982, 1982а, 1982б; Hoffer, Bauer, 1980; Weiser, Asrar, Miller et al., 1986; Виноградова, 1984; Кондратьев, Козодеров, Федченко и др. 1986, 1990; Николаев, Шутова, 1982; Сухих, 1984; Николаев, 1986, 1986а; Бедарев, Лебедь и др., 1986; Eidenschine, 1992; Loveland, Merchant, et al., 1991; Belvard, 1995).

Проанализирован опыт дешифрирования аэро- и космических снимков, акцентировано внимание на их достоинствах: повторности, обзорности и возможностью получения сведений об отдельных объектах. Космические снимки, как никакие другие виды съемки, дают интегральные геоизображения всех компонентов геосистем, позволяющие увидеть их взаимодействие и связи (Виноградов, 1966; Востокова, Суцень, Шевченко, 1988; Данюлис, Жирин, Сухих, Эльман, 1989; Кравцова, 1992, 2005; Книжников, Кравцова, Тутубалина, 2004; Лабутина, 2004; Де Мерс, 1999; Берлянт, 2000, 2006; Бугаевский, Цветков, 2000; Сухих, 2005).

Методы цифровой обработки снимков описаны в работах целого ряда авторов (J.R.Jensen, 1996; Бугаевский, Малинников, Савиных, 1998; Мусин, 1998; Лурье, Косиков, 2003). В последние годы стали широко использоваться системы позиционирования, дающие возможность получать координаты с точностью от нескольких метров до нескольких миллиметров (Герасимов, Ефимов, 1999; Трофимова, 2000).

Одним из основных источников данных для ГИС являются материалы дистанционного зондирования. Они объединяют все типы данных, получаемых с носителей космического и авиационного базирования, и составляют значительную часть дистанционных данных как антонима контактных и обеспечивают объединение картографического и аэрокосмического методов (Берлянт, 1985; Котова, Латышева, Январева, 1998; Январева, 2000).

Спектр разработки новых карт и других геоизображений, существующих в цифровой среде или порождаемых ею, чрезвычайно широк и речь уже идет об электронных картах и атласах (Polydorides, 1993; Hadden, 1994; Ormeling, 1995; Buscema, 1996; Ambroise, Govaert, 1996; Дьяконов, Касимов, Тикунов, 1996; Blayo, 1997; Жуков и др., 1999; Bogomolov, Rylskiy, Tikunov, 2002; Книжников, Лурье, 2002). Виртуальное моделирование одно из новых направлений внедрения геоинформационных технологий (Bryson, 1996; Dibiase, 1990; MacEachern et al., 1997; Moellirng, 1984; Riedal, 1999). Виртуальные геоизображения сочетают свойства карт, космических снимков, блок-диаграмм и компьютерных анимаций (Берлянт, 2001; 2006).

Следует отметить особую роль серий карт и комплексных атласов, где сведения приводятся в единообразной, систематизированной, взаимно согласованной форме. Такие наборы карт особенно удобны для создания тематических баз данных (Салишев, 1976; Атлас космических снимков..., 1982; Ormeling, 1995; Evteev et al., 1997; Cartwright, 1997; Cheng, 1997; Daniel, Oberholzer, 1997; Тикунов, Цапук, 1999; Bidoshi, 1999; Берлянт, Семин, Сорокина, 2000; Джексон, 2001; Львов, 2001; Берлянт, Вилков и др., 2005).

Для прогнозирования в ландшафтной экологии наибольшее значение имеют методы учитывающие динамику пространственных неоднородностей, например, операции с марковскими цепями, метод кригинга (Matheron, 1963; Ripley, 1981; Alfeld, 1989; Sadovnichiy, 1997; Виноградов, Кошель, Кулик, 2000; Замятин, Марков, 2007).

Реализованные или реализуемые в настоящее время отраслевые проекты (земельный кадастр, лесное хозяйство и др.) подробно рассмотрены в книге Е.Г. Капралова, А.В. Кошкарёва, В.С. Тикунова (2004). Формируются региональные информационные комплексы, реализация которых осуществляется на основе развития единой технологии: от создания новой техники на базе малых платформ с оптико-электронными съёмочными системами высокого разрешения до систем сбора и обработки информации (Шайтура, 1998; Савиных, Цветков, 1999; Состояние и ближайшие перспективы..., 2000; Бруни, Вознесенский, Воробьев, Лебедев и др., 2002)

3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Поскольку в данной работе структура и динамика экосистем рассматривается через призму растительности, как основного компонента, являющегося объектом детальных исследований, термин «экосистема» трактуется в более узком смысле, как ценоэкосистема в понимании Б.А. Быкова (1983).

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 (Рачковская, 1993, 1995). При описании растительного покрова использована карта растительности Казахстана и Средней Азии (1995), где растительные сообщества пустынь сгруппированы по совокупности структурно-физиономических и экологических признаков в эколого-физиономические категории.

Выбор пустынных территорий определен как научной, так и производственной целесообразностью: объекты научных исследований по инвентаризации древесной и кустарниковой растительности на основе аэрокосмической съемки в Мойынкуме совмещены (территориально) с производственными объектами (Мойынкумский лесхоз), исследования в Сарыесик-Атырау послужили основой для практических рекомендаций в Баканасском лесхозе. Территория объекта (Мойынкумы) в исследовательских и производственных целях покрыта выбо-

рочной крупномасштабной (КМ) аэрофотосъемкой М 1:1500. Размещение фотопроб по территории произведено по принципу систематической выборки с выделением тестовых участков, эталонирующих различные пастбищные угодья.

В Сарыесик-Атырау использован метод полигонов (Аккольский и Каройский полигоны – 10х10км) 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.

Узловые моменты методики включают три основных этапа: подготовительный, полевые (натурные) исследования, 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 входило изучение документов 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).

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

Данные натурных исследований, проведенных на тестовых участках, положены в основу изучения дешифровочных признаков. Для оценки урожайности применен фотометрический метод в комплексе с дешифрированием крупномасштабных аэрофотоснимков (Бедарева, 2005).

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, ОДСС и Мs27. Измерение линейных величин, а также показателей проективного покрытия выполнено с помощью шкал и палеток. Визуальное дешифрирование проективного покрытия проведено методом эталонирования.

Проведена классификация опытного материала с применением 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. Использование 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 (Бедарева, Хлюстов, Бедарев, 2006).

4. СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭДИФИКАТОРОВ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ

4.1. Вегетационные индексы

Учет надземной фитомассы естественных кормовых угодий представляет одну из сложных задач в пастбищном хозяйстве, поскольку с ним связано одновременное методически правильное решение многих вопросов (выбор участка, количество выделенных учетных делянок, их размер, репрезентативность самого участка, техника учета).

Традиционный укосный метод получил широкое распространение на геоботанических стационарах и при маршрутных обследованиях. Несмотря на то, что этот метод широко используется повсеместно, он имеет определенные субъективные ошибки (Бедарев, Бедарева, 1987; Бедарева, 2001).

Для количественной оценки почвенно-растительных объектов разработан фотометрический (бесконтактный) метод, который основан на существовании взаимосвязи между отражательными свойствами системы почва-растительность и параметрами растительного покрова (Рачкулик, Ситникова, 1986). Но, имея дело с той или иной растительной ассоциацией, сообществом или типом пастбища, необходимо учитывать сложность биоэкологической системы, спектральные характеристики которой не остаются статичными, а могут изменяться в зависимости от географического положения, флористического состава, фенологического состояния эдификаторов, структурно-функциональных особенностей, величины надземной фитомассы.

Изучение отражательной способности пустынно-пастбищной растительности было начато на опытных полигонах в Сарыесик-Атырау с целью методического освоения, наработки опытных данных, создания первичной базы взаимосвязи спектральных коэффициента яркости (СКЯ) и урожайности доминирующих ассоциаций массива (Байтулин, Бедарев, Бедарева, 1987; Лагунов, Бедарева, Успенский, Бессчетнов, 1988; Бедарева, 1988, 1990, 1990а; Лагунов, Успенский, Бедарева, 1990).

Дальнейшие исследования в этом направлении базировались не только на научном интересе сравнения региональных особенностей отражательной способности пустынно-пастбищной растительности Сарыесик-Атырау и Мойынкумов, но и внедрении фотометрического метода в производство для оперативной оценки урожайности на обширных территориях. Кроме того задачи лесоустройства пустынных лесхозов требовали разнообразной аналитической информации по черносаксауловым и белосаксауловым сообществам. Исследование вегетационных индексов в Мойынкумах проводилось на тестовых участках, отражающих разнообразие и специфику растительности песчаного массива.

С целью сокращения демонстрационного материала приведу пример наблюдений осуществленных в одной из ассоциаций. В дальнейшем проводились выборочные проверки полученных переводных кривых на соответствующих тестовых участках, обновление базы данных.

В подзоне средних пустынь в частности в Южном Прибалхашье и песчаном массиве Мойынкум серии белосаксауловых сообществ встречаются в сочетании с псаммофитнокустарниковыми сообществами. В Мойынкуме они занимают северную и центральные части массива. Для пустыни Мойынкум характерен центрально-северотуранский географический элемент серий белосаксуловых сообществ в сочетании с сериями псаммофитнокустарниковых, более того здесь на их долю приходится 30% территории. Псаммофитнокустарниково-белосаксауловая ассоциация (*Agropyron fragile*-*Astragalus brachypus* + *Calligonum aphyllum* - *Haloxylon persicum*) приурочена к бугристо-грядовым пескам. Доминантами данной ассоциации являются: саксаул белый, астрагал коротконогий, джужгун (табл. 1).

В растительном покрове отмечается три, иногда четыре яруса. Первый ярус складывается из саксаула белого достигающего высоты от 1,0 до 2,5 м, астрагал коротконогий и джужгун располагаются во втором, третий ярус - терескен и многолетние травы.

Фотометрирование кустарников в третьей декаде мая проводилось на фоне цветущих и плодоносящих эфемеров, поэтому аспект этого периода характеризуется красочностью и разнообразием. Среди вегетирующих кустарников выделяются желтые пятна цветущего крестовника, зеленые пятна полыни джунгарской.

Были изучены вегетационные индексы кустарников - саксаула белого, джужгуна, из полукустарников - астрагала коротконового.

Для каждого вида кустарников и полукустарников были построены отдельные переводные кривые.

Распределение спектральных характеристик для майского периода выглядит таким образом: саксаул белый - 1,19-1,70; джугун - 1,21-2,22; астрагал – 1,17-1,79; эфемеры -1,17-1,26. (рис. 1)

Таблица 1

Флористический состав псаммофитнокустарниково-белосаксауловой ассоциации

№ п/п	Название растений	Фенологиче- ская фаза	Обилие по шкале Друде	Фенологиче- ская фаза	Обилие по шкале Друде	Фенологиче- ская фаза	Обилие по шкале Друде	Фенологиче- ская фаза	Обилие по шкале Друде
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		май		июнь		июль		август	
Кустарники и кустарнички									
1.	<i>Haloxylon persicum Bge.</i>	цв.	сор ₂	пл.	сор ₂	вег.	сор ₂	вег.	сор ₂
2.	<i>Ammodendron bifolim (Pall) Kuntze.</i>	вег.	сор ₁	цв.	сор ₁	пл.	сор ₁	пл.	сор ₁
3	<i>Calligonum aphyllum (Pall) Guerke</i>	бут.	сор ₁	цв.	сор ₁	пл.	сор ₁	пл.	сор ₁
Полукустарники и полукустарнички									
4.	<i>Kracheninnikovia cera- toides (L.) C. C. Gueldenst.</i>	вег.	сор ₁	вег.	сор ₁	цв.	сор ₁	пл.	сор ₁
5.	<i>Astragalus brachypus Schrenk.</i>	цв.	сор ₁	цв., пл.	сор ₁	вег.	сор ₁	вег.	сор ₁
6.	<i>Artemisia songarica Schrenk.</i>	вег.	sp	цв.	sp	выг.	sp		
7.	<i>Artemisia terrae albae Krasch.</i>	вег.	sp	бут.	sp	бут.	sp	цв.	sp
Монокарпические и поликарпические травы									
8.	<i>Astragalus sphaerophysa Kar. Et Kir.</i>	вег.	sp	цв.,п л.	sp	пл.	sp		
9.	<i>Artemisia santolina Schrenk.</i>	вег.	sp	вег.	sp	цв.	sp	пл.	сор ₁
10.	<i>Agropyron fragile (Roth) Nevski.</i>	вег.	sp	цв.	sp	пл.	sp	пл.	sp
11.	<i>Heliotropium arguzioides Kar. Et Kir.</i>	вег.	sol	цв	sol	пл.	sol		
12.	<i>Carex prysodes M. B.</i>	пл.	sol	выг.	sol				
13.	<i>Senecio subdentatus Ledeb.</i>	цв.	sol	пл.	sol	выг.	sol		
14.	<i>Eremostachis affinis Schrenk.</i>	вег.	sol	цв.	sol	выг.	sol		
15.	<i>Centaurea pulchella Ledeb.</i>	бут.	sol	цв.	sol	выг.	sol		
16.	<i>Lapulla occulata M. Pop.</i>	цв.	sol	выг.	sol	выг.	sol		
17.	<i>Aristida pennata Trin.</i>	вег.	sol	цв.	sol	пл.	sol		
18.	<i>Euphorbia rapulum Kar. Et Kir.</i>	вег.	sol	вег.	sol				

Окончание табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19.	<i>Eremopyrum orientalis</i> (L.) Jaub.et Spach.	цв.	sol	пл.	sol	выг.	sol		
20.	<i>Alyssum desertorum</i> Stapf.	цв.	sol	пл., выг.	sol	выг.	sol		
21.	<i>Silene olgiana</i> B. Fedtsch.	цв.	sol	цв.	sol	выг.	sol		
22.	<i>Delphinium rugulosum</i> Boiss.	цв.	sol	цв.	sol	пл.	sol		
23.	<i>Meniocus linifolius</i> (Steph.) DC.	цв.	sol	цв.,п л.	sol	выг.	sol		
24.	<i>Bromus tectorum</i> L.	цв.	sol	пл.	sol	выг.	sol		
25.	<i>Alhagi pseudalhagi</i> (M.B.) Desv.	вег.	sol	цв.	sol	пл.	sol		

Сравним полученные данные с результатами фотометрирования эфемерово-кустарниковой ассоциации в Сарыесик-Атырау; белый саксаул - 1,17-1,66; астрагал - 1,19-1,60; эфемеры - 1,18-1,27 (Бедарев, Бедарева, Тулеубаев, 1993) В целом результаты несущественно отличаются по двум исследуемым регионам. В третьей декаде мая сформированы не только вегетативные органы кустарников и полукустарников ассоциации, но и генеративные, например саксаул и астрагал коротконогий цвели. Облиственность кустарников и полукустарников практически достигла максимума, хотя в силу архитектоники кроны саксаула (ее сквозистости), вклад почвы в систему почва-растительный покров будет вполне определенным.

В первой декаде июня джужгун, астрагал, саксаул характеризуются плотным расположением вегетирующей массы, что приводит к исключению экранирующего влияния почвы и повышению минимальных значений спектрального отклика. Спектральные характеристики джужгуна изменяются в пределах от 1,39 до 2,6; СКЯ астрагала несколько ниже - 1,38-1,67; СКЯ саксаула 1,20-1,70 (рис. 2) .

Сравним результаты июньского периода с данными по Сарыесик-Атырау: саксаул белый - 1,38-1,78; астрагал - 1,20-1,70. Интервалы вегетационных индексов от минимума до максимума имеют несущественные различия.

В первой-второй декадах июля многие кустарники и полукустарники плодоносят и теряют часть вегетирующей массы. Спектральные характеристики снижаются и принимают следующие значения: для джужгуна - 1,18-1,81; для астрагала 1,15-1,79 для саксаула 1,08-1,60. Установленная взаимосвязь урожайности и спектральных коэффициентов сохраняется, хотя коэффициенты детерминации объективно ниже, за исключением джужгуна ($R^2=0,647$).

В августе аспект приобретает серые оттенки, контрастность между почвой и растительностью снижается и только зелеными пятнами выделяются кусты однолетних солянок. Установленная взаимосвязь параметров даже для позднелетнего периода наблюдений в псаммофитнокустарниково-белосаксауловой ассоциации сохраняется.

Полученные в наземных условиях связи использованы нами для оценки состояния почвенно-растительных объектов при аэрофотометрировании (Бедарев, Бедарева и др., 1992). По результатам наземных фотометрических наблюдений получена нормативная таблица взаимосвязи урожайности со спектральными коэффициентами яркости для подзоны Средних пустынь.

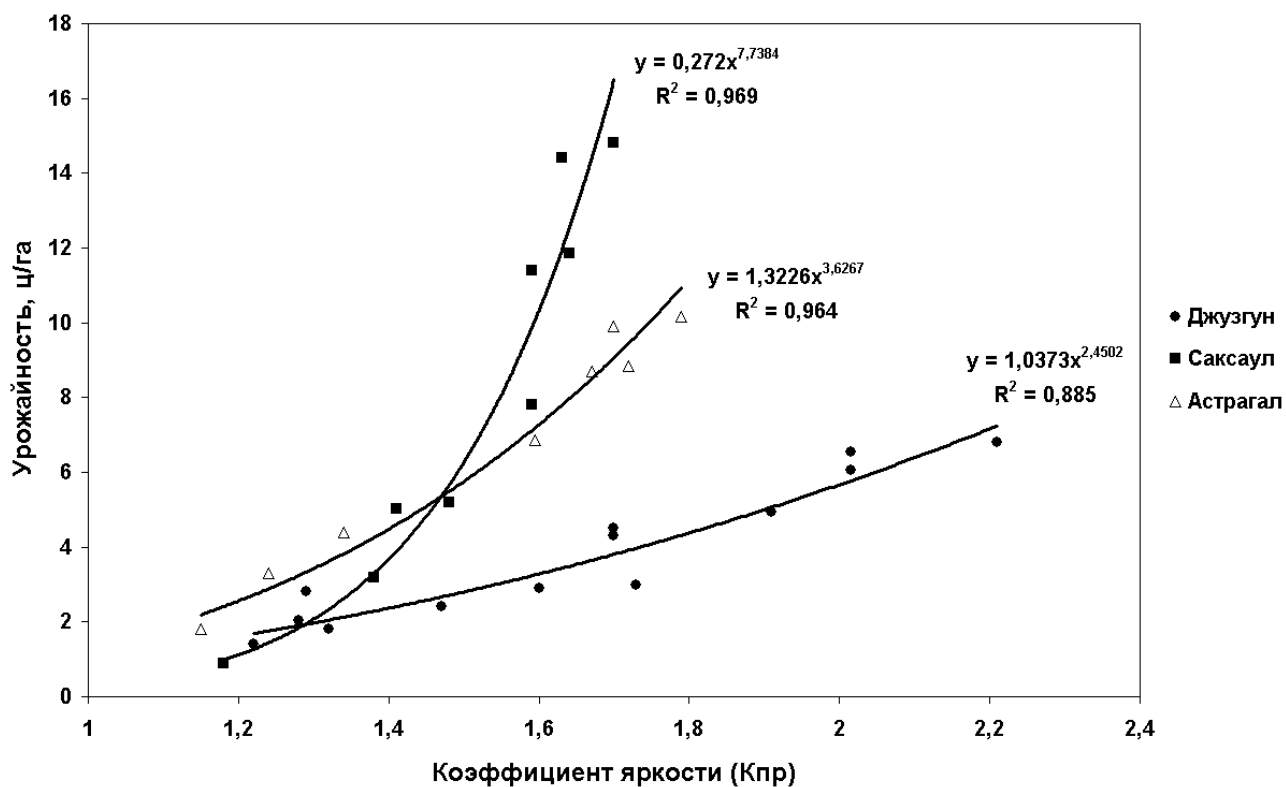


Рис. 1. Взаимосвязь урожайности (сухой массы) псаммофитнокустарниково-белосаксауловой ассоциации со спектральным коэффициентом яркости (Кпр) по календарным срокам наблюдений (3 декада мая)

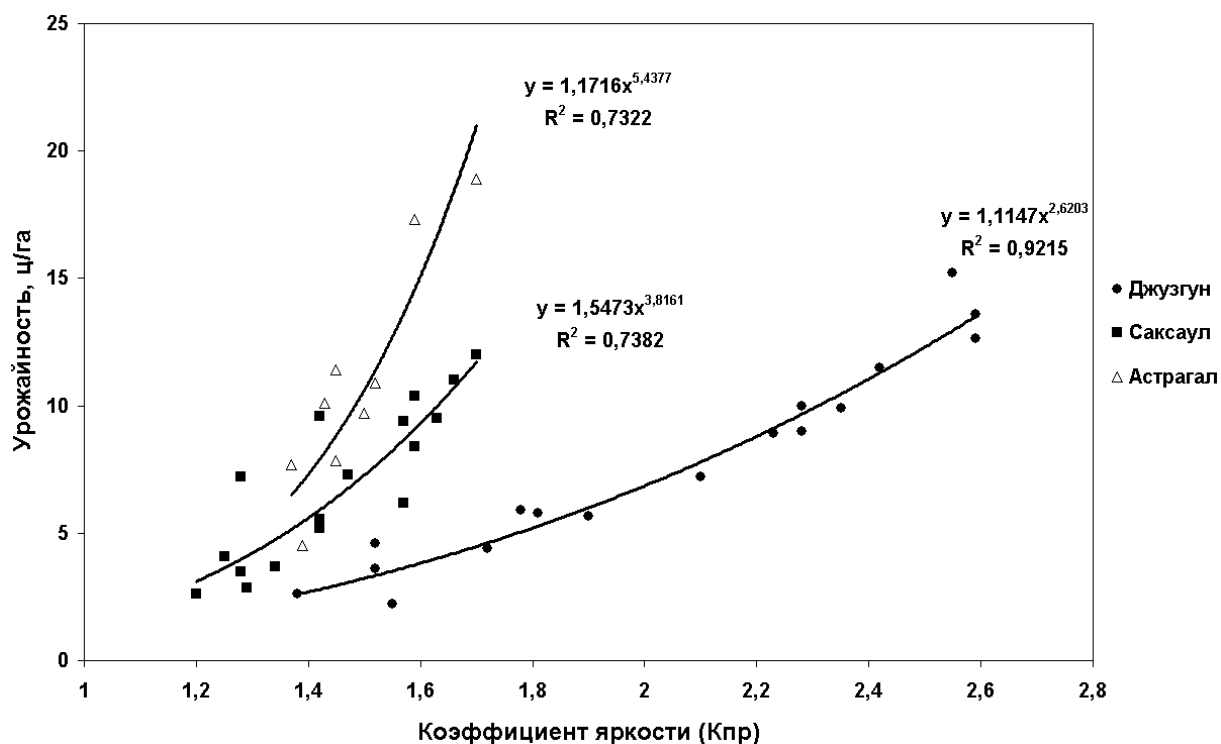


Рис. 2. Взаимосвязь урожайности (сухой массы) псаммофитнокустарниково-белосаксауловой ассоциации со спектральным коэффициентом яркости (Кпр) по календарным срокам наблюдений (1 декада июня)

Коэффициенты детерминации взаимосвязи урожайности и спектральных коэффициентов яркости доминирующих ассоциаций песчаного массива Мойынкунм

Ассоциация	Коэффициент детерминации (R^2)
1. Псаммофитнокустарниково-белосаксауловая	0,89-0,97
2. Кейреуково-черносаксауловая	0,64-0,70
3. Белоземельнопопынно-черносаксауловая	0,20
4. Осоково-белоземельнопопынная	0,60
5. Терескеново-джужгуновкая	0,90
6. Эфемерово-белоземельнопопынно-терескеновая	0,75-0,92
7. Биюргуновкая	0,50
8. Биюргуново-кейреуковкая	0,80

4.2. Аэрофотометрирование растительных ассоциаций пустынных пастбищ

Точность аэрофотометрического метода в определении параметров растительного покрова проверялась в процессе опытных работ. Такая проверка потребовала специально поставленного трудоемкого процесса исследований, в котором число и размещение наземных измерений обеспечивало репрезентативность фотометрируемой ассоциации.

Стандартные отклонения получаемой фотометрическим методом растительной массы (σ_m) складываются из двух составляющих: варьирования измерений прибором ($\sigma_{пр}$) и корреляции растительной массы с коэффициентами яркости ($\sigma_{св}$). Связь между ними выражается уравнением:

$$\sigma_m = \sigma_{пр} + \sigma_{св} \quad (1)$$

Среднее квадратическое отклонение результатов определения отношений коэффициентов яркости по данным аэрофотометрических исследований составляет 0,03-0,04. При таких погрешностях расчета отношения коэффициентов яркости, точность определения растительной массы составляет 0,01 т/га.

Аэрофотометрическое определение урожайности пустынных пастбищ позволяет получить суммарную величину растительной массы. Сезонное развитие пустынной растительности, ее многоярусность и различная кормовая ценность требует раздельного определения растительной массы по видам. Такая дифференциация растительного покрова предусматривается в разработанной технологии совмещением фотометрических измерений с КМ аэрофотосъемкой, исходя из предпосылки, что дешифрирование КМ аэрофотопроб позволит решить эту задачу. Поэтому представляет интерес вопрос о пространственном совмещении фотометрических измерений с КМ аэрофотосъемкой, что и было произведено в экспериментальных работах на опытных полигонах и при маршрутных исследованиях на песчаных массивах.

Таким образом, можно констатировать технологичность разрабатываемой схемы дистанционной индикации пустынной растительности, объединяющей КМ АФС и аэрофотометрические измерения.

Спектральные характеристики объектов зондирования (система почва-растительность) имеют ярко выраженный временной ход. Информация, извлекаемая из данных о временной динамике СКЯ, связанной со сменой фаз вегетации растительности и, соответственно, с изменением оптических свойств эдификаторов и их массы с учетом влияния почвы, оказалась приемлемой при оценке продуктивности пастбищных экосистем.

В период от начала вегетации до цветения, когда оптические характеристики листьев и стеблей изменяются незначительно, основным фактором, влияющим на спектральные свойства растительности, является увеличение фитомассы, сопровождающееся повышением вклада растительности в СКЯ системы почва-растительность. При этом СКЯ уменьшается в красном участке и повышается в ближнем ИК-диапазоне, что приводит к увеличению значений вегетационных индексов, являющихся отношением СКЯ соответственно для ИК - и К- спектральных каналов.

При усыхании надземной фитомассы происходит обратное изменения СКЯ и вегетационных индексов. Во время цветения возможны различные вариации спектральных характеристик.

Экспериментальные данные позволили установить тесную корреляционную зависимость между урожайностью и спектральными коэффициентами яркости в разрезе основных ассоциаций (табл. 2). Хотя следует отметить, что подобные значения коэффициента детерминации характерны для поздневесеннего и раннелетнего периодов наблюдений. В эти сроки характерно присутствие эфемеров и эфемероидов, а многолетняя травянистая и кустарниковая растительность практически сформирована, проективное покрытие в отдельных случаях может достигать и 80%.

Наблюдения позднелетних сроков показали значительное снижение корреляционных взаимосвязей, что связано с биологическими особенностями развития пустынной растительности. Одновременно экспериментальные данные позволили выявить оптимумы сроков для проведения аэрофотометрических наблюдений. Отмечаются два явно выраженных подъема СКЯ в течение вегетационного периода: первый – весной, при массовом развитии эфемеров и эфемероидов, второй – при накоплении надземной биомассы кустарников и полукустарников - раннелетний.

Стабильным и плавным ходом отличаются спектральные характеристики кустарниковых и черносаксауловых пастбищ, что обусловлено длительным периодом вегетации доминантов. Выявленная закономерность взаимосвязи урожайности и спектральных коэффициентов яркости в целом подтверждается соответствующими уравнениями регрессии и коэффициентами детерминации

Общие закономерности хода спектральных кривых позволяют планировать мероприятия по оценке урожайности надземной фитомассы.

5. ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ КРУПНОМАСШТАБНОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ПАСТБИЩНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Использование аэро- и космической информации для изучения любых природных объектов включает дешифрирование этих материалов – их распознавание. В настоящее время дешифрирование аэрокосмических фотоснимков осуществляется глазомерно-стереоскопическим, измерительным и автоматизированными способами. Нельзя не согласиться с мнением И.А. Лабутиной (2004), что автоматизированное дешифрирование не в состоянии полностью заменить визуальное. Одно из основных преимуществ визуального метода дешифрирования перед автоматизированным заключается в легкости получения пространственной информации. Как отмечает автор, достаточно одного взгляда, чтобы найти различия в изображениях на двух фрагментах космических снимков.

В работе использованы материалы выборочной и сплошной крупномасштабной аэрофотосъемки песчаных массивов Мойынкум и Сарыесик-Атырау. Достоверность аналитико-измерительного дешифрирования определялась на основании натурных геоботанических исследований на выделенных тестовых участках.

Информация по натурным исследованиям, проведенным на тестовых участках, послужила основой для идентификации различных дешифрируемых признаков и определения достоверности индикации по ним различных компонентов и элементов экосистем путем сопоставления результатов дешифрирования с контактными исследованиями, принимаемыми за истинные данные. Исходя из такой задачи, на КМ аэрофотопробах дешифрировались все те же параметры экосистем, которые исследовались и контактным методом на каждой конкретной ТДПП.

В процессе опытно-производственных дешифровочных работ были изучены наиболее важные показатели пустынных экосистем: доминирующие ассоциации саксаульников; таксационные показатели - высота (Н) и диаметр (D) кроны деревьев и кустов, их число на гектар,

полнота (сумма площадей проекций крон) ($\Sigma G_{пк}$) древесного и кустарникового ярусов, проективное покрытие травянистого яруса, жизненное состояние растений; тип рельефа; тип почв; показатели опустынивания (дефляция, засоление и др.). На основе установленных признаков проведена индикация экосистем, в частности характеристика растительного покрова, в границах тестового участка и выдела. По каждому из заявленных параметров составлены соответствующие таблицы, позволяющие оценить достоверность проведенных исследований. Распознавание состава пастбищной растительности на крупномасштабных аэроснимках производилось по признакам, разработанным при геоботаническом дешифрировании в камеральных условиях и уточненных в полевой период.

При создании таблицы дешифровочных признаков (М 1:1500) черносаксауловых сообществ использованы такие индикаторы, как тон фотоизображения, форма проекции кроны, текстура, тип рельефа, тип почвы, наличие дефляции, засоления и др. Тон фотоизображения на черно-белых снимках во многом определяется фенологическим состоянием растительности, освещенностью, характеристиками фотопленки, особенностями фотографического процесса и другими факторами. При описании тона фотоизображения была применена серая шкала тонов, насчитывающая семь градаций - белый, беловатый, беловато-серый, светло-серый, темновато-серый, темно-серый, черный. Формы проекции кроны и отбрасываемой тени определены для доминантов пастбищных угодий. Учитывая варьирование каждого из приведенных признаков достоверным можно считать, использование групп признаков, позволивших выделить и эталонировать на снимках масштаба 1:1500 ассоциации черносаксаульников характерных для исследуемой территории. Достоверность распознавания ассоциаций на крупномасштабных снимках проводилась путем сравнения результатов дешифрирования с геоботаническими описаниями, сделанными в натуре (Бедарева, 2003; Бедарева, 2004а). Черносаксауловые сообщества типичны для песков Приаралья, Мойынкума и Южного Прибалхашья. Дешифровочные признаки разнообразных серий сообществ черносаксаульников: белоземельнополюнных черносаксаульников; псаммофитнокустарниковых; гемигалофитных (с эфедрой); черносаксаульников речных долин и надпойменных террас; саксаульников псаммофитных вариантов пустынь - полюнных, терескеновых; пелитофитных черносаксаульников с кейреуком представлены в таблице 3.

При изучении черносаксауловых пастбищ с учетом их ярусности и наличия субдоминантов, учет морфометрических показателей всех видов слагающих ассоциацию приобретает особую актуальность, что находит отражения в показателях нормативных таблиц по учету продуктивности (Бедарева, 2002). В камеральных условиях был произведен сравнительный анализ результатов измерения диаметров кустов кормовых растений (терескен, кейреук, джужгун, саксаул) дистанционным методом с результатами натурных измерений. Сравнение проведено по дисперсионному отношению (S_1^2/S_2^2). По всем видам рассчитанные дисперсионные отношения ($S_1^2/S_2^2=F$) не превышают табличных значений критериев Фишера при 5%-ном уровне значимости и соответственных числах степеней свободы. Следовательно, можно считать, что расхождения между дешифровочными и контактными измерениями носят случайный характер и не являются существенными, то есть оба метода измерений выражают совокупности с одинаковыми выборочными средними.

Достоверность измерений d_k деревьев и крупных кустарников подтверждается нулевой гипотезой на еще более высоких уровнях. В целях выявления размеров и характера погрешностей в определении дешифровочного признака d_k модельных кустов кормовых растений, в сравнении с контактным измерением этих моделей, были вычислены систематические ошибки, средние квадратические отклонения и коэффициенты вариации, оценивающие дешифровочный метод измерений.

При измерении диаметров крон в сомкнутых насаждениях необходимо учитывать, что на аэроснимках обычно изображаются кроны верхнего яруса, поэтому учитывать диаметры растений второго и последующего ярусов практически невозможно. Особенности сложения пустынных пастбищных экосистем, в частности саксаула черного, позволяют оценить ярусное сложение, поскольку черносаксаульники представлены в основном редколесьями с сомк-

нутостью 03-04, хорошо дешифрируются на КМ аэрофотоснимках, поэтому возможности аналитико-измерительного дешифрирования в этих условиях возрастают.

Таблица 3

Признаки дешифрирования черносаксауловых ассоциаций Средних пустынь по снимкам масштаба 1:1500

Наименование ассоциации	Рельеф, почвы	полнота	Индикационные признаки
1	2	3	4
1. Белоземельнопо-лынно-черносаксауловая	Пологобугристые и бугристо-грядовые пески.	0, 4-0,5	Тон изображения серый. Рисунок четкий, что обусловлено присутствием высокополнотных саксаульников. Регулярность рисунка: округлые почти черные кроны саксаула в сочетании со светло-серыми кустами полыни белоземельной
2. Кейреуково-биюргуново-саксауловая	Такыровидная равнина	0,2-0,3	Беловато-серый тон. Рисунок мелкий, текстура неправильно-куртинная, пятнами с четко выраженными отдельными кронами саксаула, имеющими радиальную структуру. Кусты кейреука более темного оттенка, более крупные, слабофрагментированные по сравнению с биюргуном. Диаметр куста биюргуна – 0,01 мм.
3. Эфедрово-черносаксауловая	Межбугровое понижение; песчаная	0,2-0,3	Тон от светло-серого до черного. Рисунок изображения четкий: выделяется повторяющиеся фрагменты структуры крон черносаксаульников в сочетании с вуалеобразной текстурой, создаваемой в основном кустами эфедры.
4. Серии черносаксауловых и белосаксауловых сообществ в сочетании с псаммофитными кустарниками и саксаулом белым	Крупная песчаная гряда, бугры; золотые рыхлые пески	0,5	Склоны западной и восточной экспозиций четко дифференцированы. Западная – характеризуется более темным тоном изображения, который создают кусты саксаула белого и джужгунов. Контуры кроны саксаула, надрезанные с тупо-округлыми выступами. Текстура радиальная. Тон изображения черный, сливающийся с отброшенной тенью. Кусты джужгуна черные имеют правильную шаровидную форму. Восточная экспозиция, как правило, светлая, тон изображения серый слабо структурированный. Форма кроны терескена близка к округлой. Край кроны имеет четкие границы. Текстура не контрастная. Тон между кустами терескена светло-серый, ровный на его фоне просматривается очень мелкая регулярная текстура, создаваемая полынью белоземельной.

1	2	3	4
5. Белоземельнопо- лынно-терескеново- саксауловая	Склон вос- точной экс- позиции пес- чаного бугра	0,3-0,4	Тон от серого до темно-серого в зависи- мости от проективного покрытия тереске- на. Кусты саксаула дают четкую структу- ру изображения. Форма кроны терескена близка к округлой. Край кроны имеет чет- кие границы. Текстура не контрастная. Тон между кустами терескена светло- серый, ровный на его фоне просматрива- ется очень мелкая регулярная текстура, создаваемая полынью белоземельной. Размер куста терескена – 0,3 мм.
6. Биюргуново- черносаксауловая	Такывовид- ная равнина	редина	Тон фотоизображения белый с четко обо- значенными черными кронами саксаула, структура куста биюргуна не просматри- вается и он сливается в общем фоне меж- крупного пространства саксаула. В це- лом структура изображения имеет регу- лярный характер.
7. Кейреуково- черносаксауловая	Равнина, почвы суг- линистые		Тон изображения темно-серый, проекции крон саксаула, округлые, иногда непра- вильно расчлененные; структура крупно- пятнистая выражена как сочетание темно- серых слабофрагментированных кустов кейреука, имеющих неправильную форму кроны и четких обозначений саксаула черного. Диаметр куста кейреука на снимке от 0,1 до 0,2 мм.
8. Черносаксаульники и белосаксаульники надпойменных террас	Равнина, почвы серо- бурые	0,5	Тон изображения черный, особенно, если процент участия саксаула белого невелик. Кроны саксаула черного округлые, ради- ально симметричные. Саксаул белый на тон светлее черного, форма крон округло- неправильная сквозистая
9. Черносаксаульники в сериях сообществ белобоялычников	Полого- бугристые пески	0,3-0,4	Тон изображения темно-серый, почти черный, так как боялыч по тональности близок к саксаулу черному, хорошо рас- познается по форме кроны и ее текстуре
10. Белосаксаульники в совокупности с серией псаммофитнокустар- никовых сообществ	Бугристо- грядовый, почвы связ- нопесчаные	0,5	Тон изображения от темно- до светло- серого зависит от состава доминантов кустарников. Кроны саксаула белого ок- ругло-неправильные. Астрагалы выделя- ется меньшим диаметром кроны, выров- ненной текстурой кроны. Акация имеет светло-серый тон изображения, светлее саксаула и астрагала коротконового

Таблица 4

Определение густоты стояния саксауловых древостоев по материалам дистанционных и контактных измерений

Номер тестовых участков (ТДПП)	Кол-во учетных площадок (n)	Общее количество деревьев, шт.		Среднее количество деревьев, шт.		Дисперсия		S_1^2 / S_2^2	Критерий $F_{0,05}$
		деш. $\sum x_1$	конт. $\sum x_2$	деш. X_1	конт. X_2	деш. S_1^2	конт. S_2^2		
5 (1)	14	549	678	39	48	428	926	0,46	2,5
4 (1)	9	5220	5780	588	642	89106	89062	1,00	3,2
6 (1)	23	5560	6650	242	289	29266	28825	1,02	2,0
29 (1)	14	1340	1140	97	81	4992	3220	1,55	2,5
30 (1)	14	1990	2590	142	185	7160	14453	0,50	2,5
55 (2)	7	950	1010	136	144	8453	4224	2,00	3,8
29 (2)	4	1100	1240	275	310	29325	38600	0,76	6,4
28 (2)	4	1780	2020	445	505	4875	2875	1,69	6,4
15 (2)	8	810	900	101	113	7036	10218	0,69	3,4
5 (2)	16	2380	2490	149	156	7393	8699	0,85	2,3
6 (2)	15	1630	1790	109	112	9278	9646	0,96	2,4
4 (2)	23	9200	10840	400	471	10764	12673	0,85	2,0
16 (2)	7	280	380	40	54	457	1367	0,33	3,8
38 (1)	32	5220	5330	163	167	4378	5985	0,73	1,8

Таблица 5

Определение суммы площадей крон саксаульников по материалам дистанционных и контактных измерений

Номер тестовых участков (ТДПП)	Кол-во учетных площадок (n)	Общая сумма $g_{пк}$		Среднее значение $g_{пк}$		Дисперсия		S_1^2 / S_2^2	Критерий $F_{0,05}$
		деш. $\sum g_{пк}$	конт. $\sum g_{пк}$	деш. X_1	конт. X_2	S_1^2	S_2^2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 (1)	14	1471,9	2026,3	105,1	144,7	2173	3541	0,61	2,5
4 (1)	9	2289,2	2403,2	254,3	267,0	4133	2903	1,42	3,2
6 (1)	23	775,5	1065,5	33,7	46,3	549	497	1,10	2,0
29 (1)	14	215,7	158,0	15,4	11,3	226	108	2,09	2,5
30 (1)	14	322,3	507,3	23,0	36,2	175	499	0,35	2,5
55 (2)	7	94,5	99,7	13,5	14,2	76	66	1,15	3,8
29 (2)	4	197,3	195,6	49,3	48,9	1100	1206	0,91	6,4
28 (2)	4	365,8	472,7	31,0	118,3	1086	1177	0,92	6,4
15 (2)	8	169,2	303	21,2	37,9	364	1583	0,23	3,4
5 (2)	16	930,8	1018,1	58,2	63,6	1568	1605	1,04	2,3
6 (2)	15	481,6	608,5	32,1	40,6	394	620	0,64	2,4
4 (2)	23	2377,7	2890,5	103,4	125,7	2132	2086	1,02	2,0
16 (2)	7	651,7	744,8	93,1	106,4	1126	1032	1,09	3,8
38 (1)	32	2028,8	1913,6	63,4	599,8	1627	1489	1,09	1,8

Следует также заметить, что контактные измерения, принятые в качестве сравнительного эталона, не гарантируют высокой точности измеренных показателей dk и других пара-

метров. Поэтому при оценке достоверности d_k сравнительным методом может возникнуть нестандартная ситуация, в которой результаты дешифрирования могут быть точнее контрольных данных

Сравнение показателей точности измерений d_k обоими методами показало практически одинаковый (близкий к 5%-ному) уровень точности, причем на отдельных участках метод измерительного дешифрирования оказался более точным.

В древесном и кустарниковом ярусах растительного покрова определялись сумма площадей проекций крон и количество деревьев (кустов). В отношении травянистого яруса определялось проективное покрытие.

Одним из наиболее важных индикаторов в характеристике пустынных фитоценозов, аргументирующих ресурсы пустынных пастбищ, является густота растительного покрова. Поэтому в процесс экспериментальных работ разрабатывались методы индикации этого показателя по материалам крупномасштабной аэрофотосъемки и оценивалась их достоверность. Полученные результаты показывают, что анализируемые выборки принадлежат к одной общей совокупности и различия между выборочными средними показателями дешифрирования количества кустов и их натурного учета носят случайный характер (табл. 4).

Дисперсионный анализ выборочных совокупностей сумм площадей проекций крон позволяет сделать заключение о несущественном различии между групповыми средними ($\Sigma g_{пк}$), полученными различными методами (табл. 5).

Отношения дисперсий совокупностей, проективного покрытия, определенного полевым и камеральным способами, также не показывает существенных различий, то есть различий между опытными и контрольными значениями средних сравниваемых совокупностей.

Анализ параметров распределений выборочных совокупностей показал, что исследуемые таксационные показатели (число кустов и сумма площадей проекций крон для древесного и кустарникового ярусов, проективное покрытие для травянистого яруса) могут достоверно, на известном уровне точности, определяться по материалам КМ аэрофотосъемки (Бедарева, 2006б, 2006в, 2006г, 2006д).

На таксационно-дешифровочных пробных площадях был проведен комплекс работ по выявлению элементов культуртехнического состояния (скотопрогонные тропы, каналы, места вырубок саксаула, участки засоления и т.д.). Информация по натурным исследованиям, проведенным на ТДПП, послужила основой для идентификации: различных дешифрируемых признаков культуртехнического состояния черносаксауловых лесов (Бедарева, 1997).

Методические приемы использования материалов аэрокосмической съемки базируются, прежде всего, на изучении дешифровочных признаков. Выявление дешифровочных признаков создает благоприятные предпосылки применения дистанционной информации для эталонирования природных экосистем. Крупномасштабная и сверхкрупномасштабная аэрофотосъемки отражают частные признаки строения растительности, связанные с морфологией и размещением индивидуальных растений, мозаичностью и комплексностью растительных сообществ - служат базой для выявления количественных характеристик растительного покрова.

Результаты исследований по аналитико-измерительному дешифрированию были внедрены при лесоустройстве Казалинского и Мойынкумского лесхозов.

На основании таксационных показателей (диаметр кроны, высота и др.), установленных в камеральных условиях можно перейти к определению запасов общей древесной и поедаемой фитомассы саксаула черного и урожайности других кормовых растений, избегая трудоемких процессов полевого определения этих параметров.

Опыт работы с материалами крупномасштабной аэрофотосъемки показал значительные возможности метода дешифрирования в определении таксационных показателей.

Материалы, полученные на дистанционной основе, существенно дополняют натурные геоботанические исследования. Эталонирование тестовых участков с учетом региональных особенностей позволяет выполнить значительный объем работ по обследованию природных кормовых угодий в камеральных условиях.

Главным препятствием в широком применении аналитико-измерительного дешифрирования является нестабильность изображения различных таксационных показателей на аэроснимках, связанная с изменчивыми условиями съемки, законами центральной проекции снимка, а также значительным разнообразием природных экосистем. И, тем не менее в условиях труднодоступных пустынных регионов, использование такого метода остается достаточно перспективным.

6. ОПЫТ СОСТАВЛЕНИЯ ТАБЛИЦ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ САКСАУЛА ЧЕРНОГО

6.1. Закономерности изменения показателей продуктивности саксаула черного от возраста и линейных параметров роста

Аналитико-измерительное дешифрирование позволяет выявить таксационные характеристики древесной, кустарниковой и травянистой растительности, но не дает данных по продуктивности. Оценка продуктивности пастбищных экосистем опирается на данные наземной таксации, позволяющей создать таблицы нормативов по надземной фитомассе. Объединение результатов крупномасштабного дешифрирования таксационных показателей с данными таблиц нормативов обеспечивает выходной информацией по урожайности и запасам кормовых растений в камеральных условиях. На основании регрессионного анализа получены таблицы нормативов надземной фитомассы саксаула черного, проведена оценка урожайности кормовых трав в черносаксауловых сообществах (Усольцев, Бедарева, 1991; Усольцев, Харитонов, Успенский, Бедарева, 1990, 1993).

Саксаульники - одна из самых продуктивных формаций Земли, рассматривается многими авторами как лесной тип. Благодаря высоким эдификаторным свойствам (облигатные доминанты и кондоминанты, патулкторы и дензекторы), они создают главный слой, наиболее мощный в пустыне (занимают 4-9 м в надземном ярусе и 4-5 м – в подземном), имеют наибольшее влияние на среду, чему способствует их долговечность (30-60 лет), определяют направление смен в пределах саксаулового цикла развития (Курочкина, 1978).

Саксауловые сообщества доминируют в 36 фитохорологических единицах, выделенных на «Карте растительности Казахстана и Средней Азии» (1995). Территории с доминированием трех эколого-физиономических типов саксаульников (черносаксауловых, белосаксауловых, смешанносаксауловых) занимают 24,3% от площади пустынной зоны. В составе содоминантов и ингридиентов виды *Haloxylon* отмечены еще в 27 таксонах карты (Курочкина, 2003). Саксаул обладает не только топливным, но и высоким кормовым потенциалом – это ценное пастбищное растение.

Для решения задач поставленных в программе исследований в пределах пустыни Сарыесик-Атырау была заложена серия таксационных пробных площадей (45 ТДПП), выделов древостоев саксаула черного. Всего анализу было подвергнуто 17 средних значений переменных величин: X_1 -бонитет, X_2 -возраст, X_3 -средние значения высоты, X_4 -средний диаметр кроны, X_5 - количество экземпляров на один га, X_6 - сумма площадей проекций крон, X_7 -общая надземная масса, X_8 -поедаемая масса, определенная на высоте 1,2м, X_9 -общая древесная масса, X_{10} -товарная древесная масса в расчете на один га, X_{11} -средний диаметр кроны, X_{12} -средний квадратический диаметр крон деревьев, м, X_{13} - сумма площадей сечения корневых шеек, кв. см, X_{14} - средняя площадь сечения корневой шейки, X_{15} - средний диаметр корневой шейки, X_{16} -расстояние между деревьями из расчета 1000 экземпляров на 1 га, X_{17} -процент отношения товарной массы к общей.

В результате проведенного многофакторного анализа все классифицируемые пробные площади были достоверно разделены на десять классов с соответствующими усредненными показателями, о чем свидетельствует значимость расстояний рядов распределения до центра класса, превышающая 5%-ый уровень ($P > 0,05$). В диссертационной работе проведенная классификация интерпретирована графически. Большинство групп пробных площадей имеют вероятность попадания в однородный класс на уровне 80-100%, незначительное их количество – в диапазон вероятности от 50 до 80% (Бедарева, Хлюстов, Бедарев, 2006). В дальнейшем на

основании проведенного статистического моделирования была выявлена взаимосвязь общей древесной массы саксаула черного со средней высотой и суммой площадей проекций крон.

Как закономерность отмечено уменьшение прироста общей древесной массы по мере увеличения суммы площадей проекций крон. В диссертационной работе для наглядности представлены графические интерпретации статистических моделей в свободном и фиксированном масштабах. По результатам исследования получена таблица нормативов общей древесной фитомассы в зависимости от суммы площадей проекций крон и средних высот.

Саксаул многосторонне влияет на характер своей экосистемы. Положительное влияние проявляется в его высокой продуктивности - однолетние побеги саксаула поедают многие животные, в том числе верблюды и овцы. Например, кормовая продуктивность полынно-кейреуково-саксаулового пастбища колеблется от 1,0 до 4,5 ц/га весной, летом 1,0-3,0 (2,25), осенью 1,5-4,5 (3,0) и зимой 0,5-2,0 (1,5) ц/га. При двухсезонном использовании в среднем можно получить по 3,5 ц/га кормов. На каждой 1000 га такого пастбища при использовании 3,5 ц кормов (в среднем 20 кормовых единиц в каждом центнере) получим 3500 центнеров корма, или 70 000 к. е. Это значит, что при трехмесячном выпасе здесь можно прокормить около 520 овец (по, 1,5 к.е. на одну овцу в день). Кроме того, вполне возможен умеренный выпас стада верблюдов (Быков, 1985).

Построение статистической модели поедаемой массы саксаула черного (на высоте 1,2 м) представляет конкретный практический интерес. Задача статистического моделирования была решена в варианте: модели с возрастной градацией через пять лет на пробных площадях с суммами площадей проекций крон от 500 до 5000 кв.м.

Для всех статистических моделей (500 кв.м...→ 5000 кв.м) закономерными являются следующие положения:

- максимальная поедаемая масса характерна для особей в 5-летнем возрасте;
- по мере увеличения возраста отмечается снижение запасов поедаемой массы;
- кривые продуктивности для возраста 20 лет представлены слитной группой и, таким образом, различия в запасах поедаемой массы для различных значений сумм площадей проекций крон приобретают близкое численное значение (рис.3).

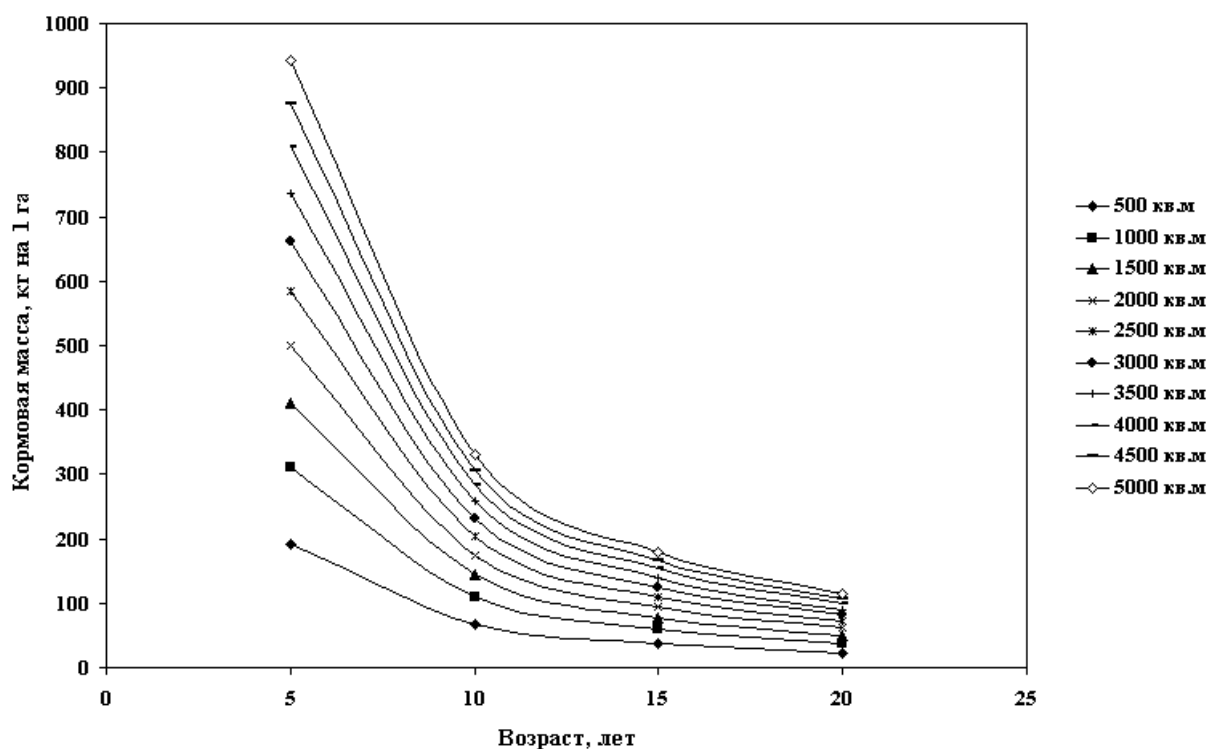


Рис. 3. Взаимосвязь поедаемой массы саксаула черного с возрастом и суммой площадей проекций крон

Численные значения поедаемой массы на высоте 1,2 м для саксаула черного представлены в таблице нормативов (табл.6). Использование двухпараметрической модели (возраст, сумма площадей проекций крон) возможна как в условиях наземной таксации саксаула черного, так и при использовании материалов крупномасштабной съемки в процессе аналитико-измерительного дешифрирования (Бедарева, 2006).

Таблица 6

Зависимость поедаемой массы (кг/га) саксаула чёрного от возраста и суммы площадей проекций крон

Сумма площадей про- екций крон, G, м ²	Возраст, лет			
	5	10	15	20
1	2	3	4	5
500	192	67	36	24
1000	310	109	59	38
1500	410	144	78	50
2000	500	175	95	61
2500	584	204	111	72
3000	662	232	125	81
3500	736	258	140	90
4000	807	283	153	99
4500	876	307	166	107
5000	942	330	179	115

7. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ РОСТА, СТРОЕНИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ САКСАУЛЬНИКОВ

7.1. Возрастная динамика средней высоты древостоев саксаула чёрного

В пустынях Казахстана сосредоточена большая часть лесов республики и составляет 81,9% покрытой лесом площади. В соответствии с функциональными особенностями, определяемыми размещением пустынных лесов и их породным составом, существуют две формы ведения хозяйства в них: защитно-эксплуатационная и пастбищная. Почти все насаждения саксаула черного (за исключением лесных культур до пяти лет являются одновременно объектами деятельности пастбищного и лесного хозяйства). Поэтому актуальными остаются такие вопросы, как определение общей древесной и поедаемой массы саксаула черного. Оценка продуктивности в лесной таксации производится по общепринятым шкалам, классам средних высот, группирующим древесные породы по характеру роста.

В процессе таксации черносаксауловых пастбищ учесть индивидуальную высоту каждого дерева (куста) не представляется возможным. В связи с этим принято устанавливать среднюю высоту для всей совокупности насаждений. Многолетние опыты и наблюдения говорят о том, что лучшим показателем, отображающим качество условий произрастания, является высота насаждений в определенном возрасте.

Важным элементом исследования возрастной динамики средних высот следует считать оценку достоверности представленных материалов. Решение этой задачи осуществлено сопоставлением возрастной динамики средних высот саксаульников различных регионов Средних пустынь Казахстана с учетом I, II, III классов бонитета. Полученные результаты в виде статистических моделей роста по высоте позволяют сделать заключение о стабильных закономерностях возрастной динамики средних высот, сочетание которых с показателями горизонтальной пространственной структуры позволят глубже понять и оценить процессы формирования продуктивности саксауловых насаждений.

7.2. Возрастная динамика общей продуктивности надземной фитомассы древостоев саксаула чёрного

В работе проведено моделирование возрастной динамики запаса древостоев по 0,5-метровым ступеням высот в 30-летнем возрасте. Рассмотрение моделей различных высотных градаций показывает, что наибольшие запасы в т/га характерны для саксаульников $H_{30}=5,0$ м.

Вторым элементом исследований возрастной динамики следует считать оценку достоверности (адекватности) полученных моделей. Решение этой задачи осуществлено сопоставлением полученных нами теоретических регрессий, представленных точечно, с данными из эскизов таблиц хода роста по выделенным лесорастительным районам Казахстана в диапазоне от I до III классов бонитета (рис.4).

Во всех случаях отмечается близкое друг к другу расположение линий возрастной динамики продуктивности, находящейся в допустимых пределах точности определения запаса.

Производными от возрастной динамики запаса наличного древостоя являются среднее и текущее изменение запаса.

На рисунке 5 показано изменение с возрастом этих показателей, что позволяет рассмотреть вопрос о возрасте их совпадения, соответствующем возрасту количественной спелости, равном 30 годам. Изложенные фрагменты возрастной динамики древостоев следует рассматривать в сочетании друг с другом в разрезе уровней продуктивности, что соответствует требованиям составления стандартных таблиц сомкнутых древостоев с полнотой 1,0. Данные по модели пространственно совпадают с данными местоположения запаса (в пределах одних возрастных градаций) в различных подзонах пустынь Казахстана.

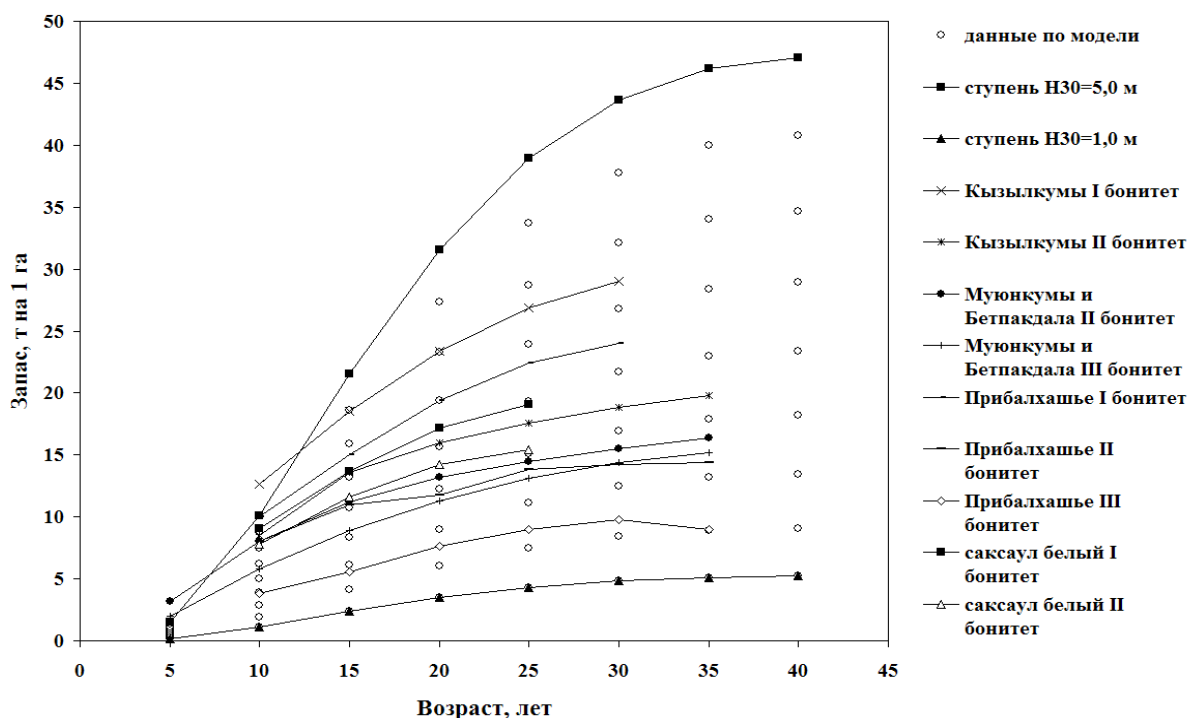


Рис. 4. Местоположение кривых запаса саксаульников пустынь Казахстана в системе кривых возрастной динамики запаса древостоев

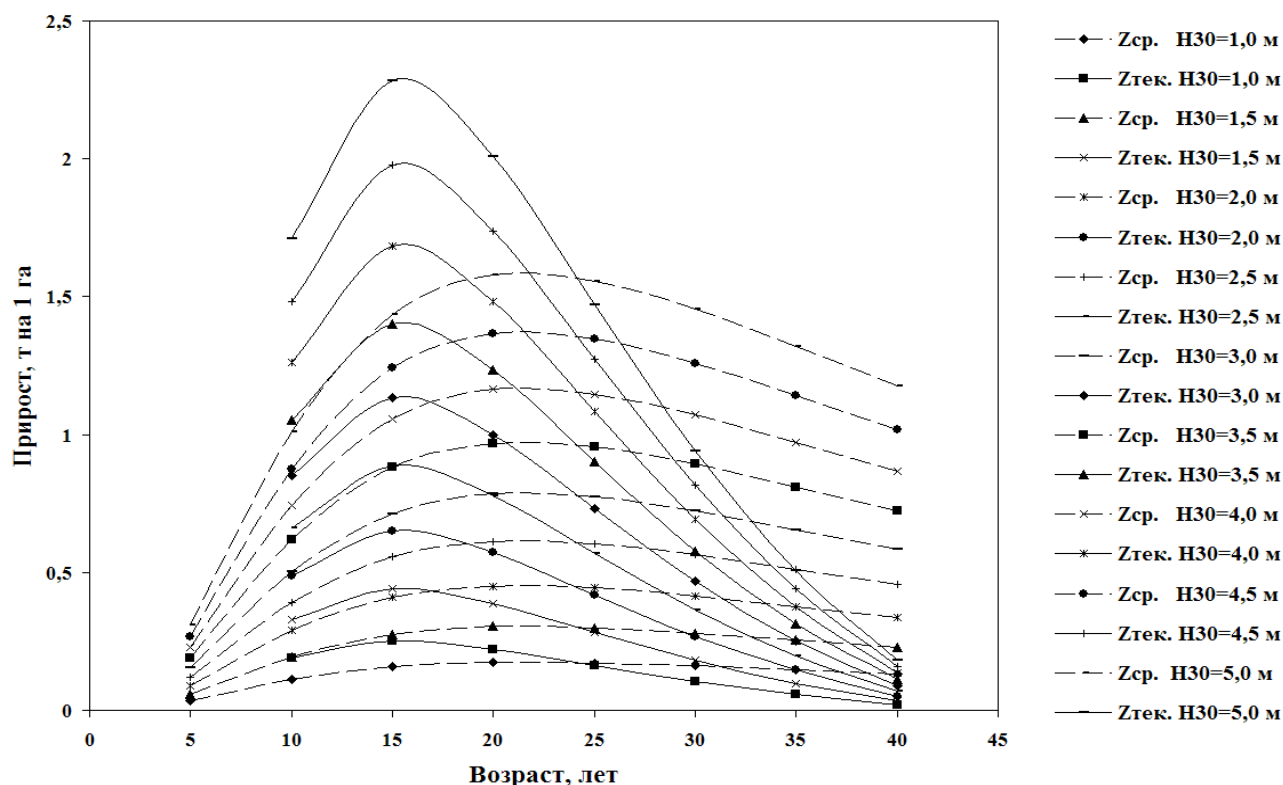


Рис. 5. Возрастная динамика текущего и среднего прироста по запасу саксаульников по 0,5 – метровым ступеням средних высот в 30-летнем возрасте древостоев

Сравнение результатов полученных по статистическим моделям с данными таблиц хода роста, построенных для саксаульников пустынь Прибалхашья, Кызылкумов, Муюнкумов и Бетпакдалы, указывает на возможность использования новых нормативов во всем спектре средних пустынь Казахстана при проведении лесоустроительных работ и расчете лесопользования (Хлюстов, Бедарева, 2005, 2006; Бедарева, Хлюстов, 2008; Бедарева, 2008).

В диссертационной работе внимание уделено вопросам самоизреживания саксаула черного. Выявлены причины процесса и дана его графическая интерпретация. Получены статистические модели саксаула черного в определении фитомассы среднего дерева в зависимости от средних высот (Бедарева, Хлюстов, 2006а; 2006б).

На основании статистического моделирования получены таблицы урожайности терескеновых пастбищ в зависимости от различных морфометрических показателей (Бедарева, Хлюстов, 2005).

8. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПУСТЫННО-ПАСТБИЩНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

8.1. Комплексная оценка методов дистанционного зондирования при инвентаризации пустынно-пастбищной растительности

Исследование лесных массивов пустынных регионов производится с целью совершенствования методов учета продуктивности, контроля состояния воспроизводства, рациональным использованием. По нашим представлениям черносаксаульники – это пустынные леса. И, несомненно, их лесной статус связан с их высокой продуктивностью, поскольку саксаул продуктивнее, чем любое другое пустынное растение, не только по запасам древесины – 85 т/га, но и по урожайности поедаемой зеленой массы – 2,5-7,5 ц/га, энергетической значимостью, фитомелиоративной ролью. Анализ космических снимков в сочетании с современным программным обеспечением существенно повышает точность и оперативность лесоустроительных работ.

В настоящее время площадь земель государственного лесного фонда пустынных областей Казахстана составляет 12427,8 тыс. га.

На долю черносаксаульников в подзоне средних пустынь приходится 2,8%. Значительная сохранность черносаксауловых массивов в подзоне средних пустынь (Сарыесик-Атырау, Мойынкум) объясняется трудностями заготовки древесины для топливных целей.

Для изучения растительности на новом качественном уровне в начале 80-ых годов разработан метод, базирующийся на дешифрировании черно-белых космических и крупномасштабных фотоснимков (Данюлис, Жирин, Сухих, Эльман, 1989). Еще раньше разработан фотостатистический метод лесоинвентаризации, заключающийся в сплошном дешифрировании космических снимков, с последующей стратификацией территории, измерительном и аналитическом дешифрировании фотопроб и таксационных выделов по выборочным аэроснимкам масштаба 1:5000 – 1: 10000, размещенным по определенной системе в соответствии с требованиями методов выборочного исследования (Данюлис, 1984). Отличительной особенностью метода является его ландшафтная основа, вследствие которой выборка планируется и осуществляется по предварительно выделенным ландшафтам.

В решении вопроса разработки и внедрения новых технологий в лесоустройство пустынных лесов Казахстана и учете кормовых ресурсов использован комплекс методов дистанционного зондирования. Каждый из рассмотренных в работе методов уникален, функционально и научно оправдан. Метод вегетационных индексов (фотометрический) позволяет оценить кормовые запасы по каждому геоботаническому и таксационному выделу. Так как в процессе фотометрирования устанавливаются взаимосвязи между растительностью и измеренными критериями их отражательной способности, то в данном случае он выступает как самостоятельный, оперативный и весьма эффективный метод дистанционного зондирования. Использование вегетационных индексов как составной части аэрокосмического съемочного аппарата позволяет совершенствовать методы измерений растительного покрова. Так, например, синхронизация аэрофотометрии с выборочной крупномасштабной аэрофотосъемкой позволили решить вопрос дифференциации урожайности по ярусам, сезонности, кормовой ценности (Бедарева, 2005).

Аналитико-измерительное дешифрирование в камеральной таксации саксауловых лесов позволяет выявить целый ряд важнейших таксационных показателей число деревьев (кустов) на единице площади, средний диаметр крон кустов, среднюю высоту насаждения, сумму площадей проекций крон, класс бонитета и возраста насаждений, общий запас древесины и кормозапас.

Накоплен большой и разнообразный экспериментальный материал по внедрению методов дистанционного зондирования в процесс лесоустроительных работ в Казахстане (Лагунов и др., 1988; Бедарев, Бедарева, Тулеубаев, 1993; Бедарева, Хлюстов, 2006; Бедарева, 1990, 2008б).

В пределах Алматинской области при лесоустройстве Уштобинского и Баканасского лесхозов (1,6 млн га), а также оценке их кормовых ресурсов использовано сочетание аэрокосмических и фотометрических наблюдений.

Кзыл-ординская область – в Казалинском и Чиилийском лесхозах проведена крупномасштабная аэрофотосъемка и при лесоустройстве внедрена технология измерительного дешифрирования на площади 500 тыс. га с определением, как таксационных показателей, так и запасов поедаемой фитомассы саксула черного. Обязательное условие - привязка крупномасштабных снимков к мелкомасштабной основе.

Джамбулская область – в Мойынкумском и Коскудукском лесхозах внедрена комплексная технология инвентаризации пустынно-пастбищной растительности методами дистанционного зондирования. Элементы технологии были отработаны на опытных полигонах.

Соблюдая последовательность разработанной технологии, отмечу ее основные положения.

Выполнено контурное дешифрирование космических снимков с уточнением характеристик выделов, и, прежде всего их границ с использованием тематических карт М 1:300000

(почвенных, геоботанических, ландшафтных, карт кормовых угодий). Укрупненные таксономические единицы страты выделены на основании типов рельефа и включают соответственно несколько контуров (выделов). В результате произведенного трансформирования и масштабирования космических снимков составлена основа оперативной карты с нанесением квартальной сети и другой необходимой нагрузки, например маршрутов для осуществления аэрофотометрирования в сочетании с выборочной крупномасштабной аэрофотосъемкой.

Рассчитан оптимальный объем выборочной крупномасштабной аэрофотосъемки с учетом среднего значения площадей страт, дисперсии наиболее значимого таксационного показателя абсолютной полноты насаждений (сомкнутости крон кустов на единице площади) и заданной точности определения среднего значения этого показателя. Внедрен фотометрический метод оценки кормозапасов с использованием в качестве основы материалов космической съемки масштаба 1:270000 и 1:100000.

Внедрение технологии позволило получить тематические карты: древесной и кустарниковой растительности, кормозапасов по выделам и более крупным таксонам – стратам в масштабе 1: 300000 и план лесонасаждений в масштабе 1:100000.

Комплексное использование материалов космической и крупномасштабной выборочной съемки в сочетании с фотометрической обеспечивает создание надежной основы для оценки ресурсов пустынных пастбищ.

Разработанная технология дает достаточную точность выходных материалов и заменяет трудоемкие процессы наземной таксации, инвентаризации растительности в условиях глибинных песков

Отличительной особенностью внедренной технологии инвентаризации пустынно-пастбищной растительности на землях государственного лесного фонда является комплексный подход, заключающийся в сочетании нескольких методов дистанционного зондирования, каждый из которых обладает известной автономностью, но при совокупном использовании намного повышает точность исследования.

Объединяющим элементом любого из перечисленных методов дистанционного зондирования и их комплексного использования является наличие картографической основы, как результата дешифрирования космических снимков.

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

- космические снимки обладают большой информативностью, дают представление о состоянии пастбищных угодий;
- позволяют оценить дигрессионные процессы при использовании комплекса дешифровочных признаков (изменение тона фотоизображения, рисунка, текстуры и т.д.);
- позволяют выделить продуцирующую площадь пастбищных угодий и площади, подвергнутые дигрессионным процессам с целью осуществления комплекса мер направленных к стабилизации пастбищной экосистемы, ее рациональному использованию;
- в работе с космическими снимками, более обзорными и генерализованными, чем аэроснимки усиливается роль камерального дешифрирования, а для полевого подтверждаются его контролирующие функции (Кравцова, 2005).
- применение материалов дистанционного зондирования повысило точность и информативность тематических карт, обеспечило их временное обновление.

Общая технологическая схема работ по дешифрированию космических снимков состоит из следующих этапов: камеральное дешифрирование→полевой контроль→уточнение в процессе камерального дешифрирования. Дешифрирование растительного покрова по космическим снимкам всегда требует полевого периода исследований, а также привлечения значительного объема ранее изданных тематических карт

8.2. Экологическая оценка дигрессионных процессов растительного покрова пустынных пастбищных экосистем с применением материалов космосъемки.

В настоящее время деградация растительного покрова в результате антропогенного воздействия происходит практически повсеместно. Растительный покров уничтожается пол-

ностью или заменяется малопродуктивными антропогенными объектами и в целом изменяется его ресурсный потенциал, снижается продуктивность, что особенно отрицательно сказывается на природных кормовых угодьях.

Эта проблема актуальна для Казахстана, так как в связи с многолетним интенсивным хозяйственным использованием растительности сократилось ее биологическое разнообразие, понизилась ресурсная значимость и функциональная роль в биосфере, а в ряде регионов антропогенные изменения привели к экологическому кризису. В настоящее время в Казахстане площадь сбитых и заросших непоедаемыми и ядовитыми растениями пастбищ превышает 1,2 млн га.

Чрезмерный выпас один из факторов оказывающих влияние на почву пастбищной экосистемы, а через нее и на растения. Особенно опасно рыхление и разбивание почвы. Одной из причин перевыпаса является недостаточная обводненность пастбищ. Скопление скота вблизи водоемов приводит к разбиванию почвы и появлению подвижных песков вокруг колодцев, в результате образуются пояса, соответствующие различным стадиям пастбищной дигрессии. Обычно размеры такого пояса составляют 5-6 км. Такой процесс получил название, по определению Харина Н.Г. (1975), “опустынивание вокруг колодцев”. Для оценки состояния растительного покрова особенно информативен картографический подход, позволяющий качественно и количественно охарактеризовать изменения, обусловленные антропогенным и природным воздействиями.

Исследования по экологической оценке состояния природных кормовых угодий проводилась в динамике, и включали несколько этапов: 1) определить районы, подвергнутые интенсивному антропогенному воздействию, составить карту результатов этого воздействия; 2) выявить категории пастбищных земель, которые необходимо исключить из пастбищного фонда, исходя из объективных показателей; 3) оценить направленность происходящих в них процессов (выявить критерии нарушенности растительного сообщества). Нужно отметить, что исследования по двум первым пунктам были проведены практически по всем пустынным лесхозам Казахстана (12 млн га), в результате камерального дешифрирования космических снимков (с последующей проверкой в полевых условиях) более 42 % площади земель гослесфонда были отнесены к зоне пастбищной дигрессии, интенсивного засоления и затакыривания и около 58 % - к продуцирующей зоне. По результатам исследования коллективом авторов был издан буклет карт пустынных лесхозов (Лагунов, Успенский, Бедарева и др., 1990).

Используя результаты собственных исследований и опыт, накопленный в исследованиях зон экологического неблагополучия, дигрессионных процессов разработаны качественные и количественные критерии антропогенной нарушенности растительного покрова, определено экологическое нормирование (Огарь, Бедарева, 2008). Качественные критерии представляют стадии деградации растительных сообществ в ряду антропогенной трансформации по комплексу признаков, характеризующих негативные изменения покрова. Выделяются следующие градации нарушенности сообществ по 5-ти бальной системе.

Качественные критерии: 0 – фоновая (неизменная). Характерна для коренных (климаксовых или условно коренных), квазиклимаксовых зональных сообществ и субклимаксовых интразональных, являющихся дериватами данного климатипа растительности и эталонами биоразнообразия и структуры. В настоящее время их практически не сохранилось. Поэтому к этой категории мы относим также сообщества малоизмененные (условно фоновые), не испытывающие антропогенного воздействия, разногодичная динамика которых соответствует диапазону природных циклических флуктуаций;

1 – слабая степень нарушенности. Слабые внешние проявления изменений в состоянии габитуса отдельных видов; исчезновение редких или особо чувствительных видов; уменьшение количества лишайников; ветоши и опада. Растительные сообщества на этой стадии нарушенности характеризуются относительной полнотностью флористического состава и структуры; хорошим жизненным состоянием (виталитетом) большинства видов; нормальной генеративностью (семенное размножение). Динамика имеет характер природных флуктуаций, сохраняется способность к самовосстановлению при существующих нагрузках;

2 – умеренная степень нарушенности. Состав видов – доминантов сохраняется, но изменяются отдельные структурно-физиономические характеристики сообществ; происходит изменение в видовом составе сообществ в сторону усиления фитоценотической роли более ксерофитных видов; ухудшается жизненность видов; происходят морфологические изменения органов растений; средненарушенные сообщества неполноценны флористически (выпадение кормовых и других ценных видов), с участием сорных видов, разреженным травяным покровом, удовлетворительным жизненным состоянием особей при незначительном механическом повреждении, удовлетворительной генеративностью, снижением задернованности почвы на 10-25%; динамика имеет характер направленных сукцессий; способность к самовосстановлению возможна при ограничении или смягчении нагрузок;

3 – сильная степень нарушенности. Происходят изменения в видовом составе доминантов и эдификаторов – доминируют стержнекорневые, корневищные, вегетативноподвижные виды; видовой состав сообществ сильно изменен и обеднен – увеличивается число малолетних, синантропных (пасквальных, рудеральных, сорных видов) (более 50%); появление новых сообществ; опад и ветошь отсутствуют; компоненты сообщества обладают слабой генеративностью; сообщества характеризуются разреженным травостоем и сниженной задернованностью почвы более чем на 50%; динамика имеет характер катастрофических сукцессий; способность к самовосстановлению возможна при полном прекращении нагрузок;

4 – очень сильная степень нарушенности. Катастрофические изменения растительности, вплоть до гибели коренных сообществ; сообщества характеризуются полностью измененным флористическим составом и структурой, незначительным участием видов аборигенной флоры, сильно изреженные или имеющие достаточно высокое проективное покрытие (не менее 30%); динамика имеет хаотический характер; не способны к самовосстановлению без специальных мероприятий по фитомелиорации.

Естественно, что ряд градаций нарушенности растительности наблюдается только в тех случаях, когда интенсивность антропогенного воздействия не превышает допороговые величины, приводящие к одномоментному уничтожению растительности (или чаще надземной части растений), что имеет место при сенокошении, распашке, вырубке, пожарах, различных техногенных механических и химических воздействиях.

При разовом воздействии, приводящем к уничтожению растительности, какой либо территории, используются площадные показатели оценки степени трансформации растительности. Получена таблица количественных и качественных критериев нарушенности растительных сообществ.

Результаты исследований по выбору критериев нарушенности растительного покрова, его экологического состояния в разных природных зонах показали, что некоторые критерии являются общими для всех типов растительности, отдельные для конкретных факторов воздействия, например, выпаса, дорожной дигрессии, специфические критерии используются применительно только к конкретным типам растительности.

К общим критериям относятся следующие:

- подавление (угнетение) жизненного состояния растений (изменение соотношения вегетативных и генеративных особей; изменение морфологических параметров и габитуса; нарушение соотношения цикла и прохождения фенологических фаз);

- изменение соотношения и фитоценотической роли в сообществах (изменение проективного покрытия; смена доминантов – содоминантов или увеличение фитоценотической роли сорных и дигрессионных видов);

- изменение качественного состава сообщества (инвазия новых, в том числе сорных видов); выпадение ценных (кормовых, лекарственных и других) видов; изменение вертикальной и горизонтальной структуры сообщества; изменение экобиоморфологического состава видов в сообществах, изменение соотношения экоморф; замена коренных видов сорными).

На первый взгляд предложенные критерии статичны и оценивают экологическое состояние растительного сообщества в данный момент времени. Однако критерии стадий - умеренная, сильная, очень сильная - позволяют прогнозировать ситуацию и направленность раз-

вития сообщества. Поэтому большой интерес представляют динамические критерии проявления зон экологической нестабильности, а выявить их возможно только в результате сравнительного анализа разновременных аэро- космических снимков (Виноградов, Кулик, Сорокин, Федотов, 1998).

В данной работе для анализа динамики дигрессионных процессов использованы космические снимки М 1: 300000 двух сроков съемки с интервалом в 14 лет – 1989, 2003 территории Уштобинского лесхоза Алматинской области, площадью 779, 4 тыс.га. В основу исследований были положены уточненные фотосхемы разных лет, тематические карты разных лет изданий: карта-схема лесонасаждений 1993; карта лесного фонда Казахстана 2003.

В географическом плане лесхоз занимает южную и юго-восточную части песчаного массива Сарыесик-Атырау. В работе использованы карты-маски, то есть разгруженные карты, на которых отображена информация, представляющая тематический интерес.

Для сравнения взяты архивные авторские материалы: карта-схема, отражающая дигрессионные процессы (1990) (южная часть лесхоза) и базовая карта растительности. К сожалению, сравнить всю территорию лесхоза невозможно, так как за продолжительный период времени изменились административно-хозяйственные границы не только Уштобинского лесхоза, но и многих других лесхозов пустынной области Казахстана.

В ретроспективе базовый вариант карты растительности (1990), фиксирующий состояние растительности южной части лесхоза был рекомендован для разработки и решения широкого спектра экологических проблем: комплексных, ресурсно-экологических, природных – например, проблемы соотношения лесных и нелесных площадей для целей поддержания экологической стабильности в регионе оптимального использования и воспроизводства лесов. Такие моменты особенно важны для пустынных лесхозов. Стадии сукцессионных рядов послужили основой для разработки растительных индикаторов состояния косных компонентов среды и экосистем в целом, поскольку каждая стадия характеризуется объективными сравнительными признаками, возможна стандартизация индикаторов, отвечающая различным практическим потребностям при создании системы экологического мониторинга (Бедарева, 2004). Доминирование эфедровой, эфедрово-изеневе-еркековой ассоциаций рассматривалось как индикатор дигрессионных изменений в растительном покрове пастбищных угодий. Основная продуцирующая площадь лесхоза была представлена белоземельнопопынно-терескеновой и белоземельнопопынно-эфедровой ассоциациями. Второй вариант карты отражал пастбищную дигрессию и давал представление о наличии такыров и солончаков. По наибольшей площади представленности той или иной из названных категорий в различных частях территории лесхоза выделены соответствующие зоны: засоления, затакыривания, пастбищной дигрессии и слабозакрепленных песков (рис. 7).

Площадь зоны пастбищной дигрессии составляла 24% и была отнесена к зоне экологического риска. Зона затакыривания составляла 9%, также исключалась из пастбищного оборота в связи с незначительными кормовыми запасами и угрозой дефляции. Площадь продуцирующей зоны составляла 67%, и эта территория рассматривалась как зона экологической нормы. Были даны рекомендации по прекращению пастбы скота и внедрению мероприятий по восстановлению пастбищ (Бедарева, 2005б; Байтулин, Бедарева, 2007). Это то, что касается первых двух карт архива. В них отражены статичные критерии, как в отношении растительности, так и зон экологического риска. Несомненно, такие карты очевидны и полезны при оценке экологической ситуации в данный момент времени. И конечно на них можно опираться еще в течение ряда лет.

Важным элементом подобных исследований является определение критериев антропогенной трансформации растительного покрова как фактора, определяющего возможные пути реабилитации экосистемы. Растительность при этом выступает как самый сверхинформативный компонент экосистемы, благодаря своим физиономическим и индикационным свойствам. В камеральных условиях по результатам дешифрирования космических снимков с использованием тематических карт и данных натурных исследований были выполнены несколько вариантов карт Уштобинского лесхоза Алматинской области: карта современного или актуаль-

ного состояния растительности, карта современного состояния территорий подвергнутых пастбищной дигрессии, карта лесов (2003) (рис. 6, 8).

Обратимся к карте современного состояния растительного покрова Уштобинского лесхоза (рис.6). Попытаемся определить направленность процессов изменения растительности, пользуясь разработанными критериями нарушенности растительного покрова; дадим оценку дигрессионным процессам в совпадающей территориально южной части лесхоза. Для большей иллюстративности карты зон пастбищной дигрессии (1990, 2003) совмещены территориально в районе совпадения границ (рис 7, 8).

Легенда к карте растительности Уштобинского лесхоза.

Южная часть лесхоза занята смешанносаксауловыми. Это, прежде всего совокупность серий сообществ осоково-белоземельнополынно-смешанносаксауловых (*Haloxylon aphyllum*, *H. persicum*, *Artemisia terrae-albae*, *Carex physodes*) и псаммофитнокустарниковых (*Calligonum aphyllum*, *Salsola arbuscula*) на слабозакрепленных бугристых и бугристо-грядовых песках с наличием в составе *Ammodendron bifolium*, *Kracheninnikovia ceratoides*, а также *Artemisia santolina*, *A. albicerata* (контур1).

В юго-западной части лесхоза крупный массив представлен совокупностью серий сообществ белосаксауловых (*Haloxylon persicum*, *Carex physodes*) и псаммофитнокустарниковых (*Calligonum aphyllum*, *C. leucocladum*) с преобладанием *Astragalus brachypus*, *Ammodendron bifolium*, *Kracheninnikovia ceratoides*, *Artemisia albicerata* на закрепленных бугристо-грядовых песках (контур2). В южной части лесхоза заметную роль играют полынные сообщества (*Artemisia scoparia*, *Vexibia alopecuroides*, *Ceratocarpus utriculosus*, *Kracheninnikovia ceratoides*) на разбитых песках (контур5). В западной и центральной частях господствует совокупность серий сообществ псаммофитнокустарниковых (*Ammodendron bifolium*, *Astragalus brachypus*, *Calligonum aphyllum*, *Ephedra lomatolepis*, *Agropyron fragile*, *Kochia prostrata*, *Artemisia terrae-albae*) и терескеновых (*Kracheninnikovia ceratoides*, *Kochia prsotrata*) на слабозакрепленных песках в сочетании с черносаксауловыми (*Haloxylon aphyllum*) сообществами (контур 3).

В центральной и западной частях вновь представлена совокупность серий сообществ псаммофитнокустарниковых (*Ammodendron bifolium*, *Astragalus brachypus*, *Calligonum aphyllum*, *Ephedra lomatolepis*, *Agropyron fragile*, *Kochia prsotrata*, *Artemisia terrae-albae*) и терескеновых (*Kracheninnikovia ceratoides*, *Kochia prostrata*) на слабозакрепленных песках в сочетании с биюргуновыми сообществами на такыровидных почвах (контур 4).

Совокупность серий сообществ полынно-псаммофитнокустарниковых (*Haloxylon persicum*, *Kracheninnikovia ceratoides*, *Artemisia terrae-albae*) и житняково-белоземельнополынных (*Artemisia terrae-albae*, *Agropyron fragile*) на закрепленных полого-бугристых песках: а) *Calligonum aphyllum*, *Ammodendron bifolium*, *Astragalus brachypus*, *Artemisia songarica*, *A. albicerata* занимают северную, ранее неисследованную, часть массива (контур 9). Здесь же располагается совокупность серий сообществ белоземельнополынно-терескеновых с *Ephedra lomatolepis*, *Kochia prsotrata*, *Carex physodes* и саксаулово-псаммофитнокустарниковых (*Calligonum aphyllum*, *Astragalus brachypus*, *Atraphaxis replicata*, *Haloxylon persicum*, *H. aphyllum*) (контур 10).

Псаммофитнополынные и псаммофитнозлаковые занимают западную надпойменную террасу р. Каратал: кустарниково-эфедровые (*Ephedra lomatolepis*, *Kochia prsotrata*, *Carex physodes* *Artemisia scoparia*, *Kracheninnikovia ceratoides*, *Dendrostellera arenaria*, *D. ammodendron*) сообщества на разбитых песках (контур 11). Серия житняковых сообществ (*Agropyron fragile*, *Kracheninnikovia ceratoides*, *Dendrostellera arenaria*, *D. ammodendron*, *Catabrosella humilis*) на выположенных мелкобугристых песках (контур 12).

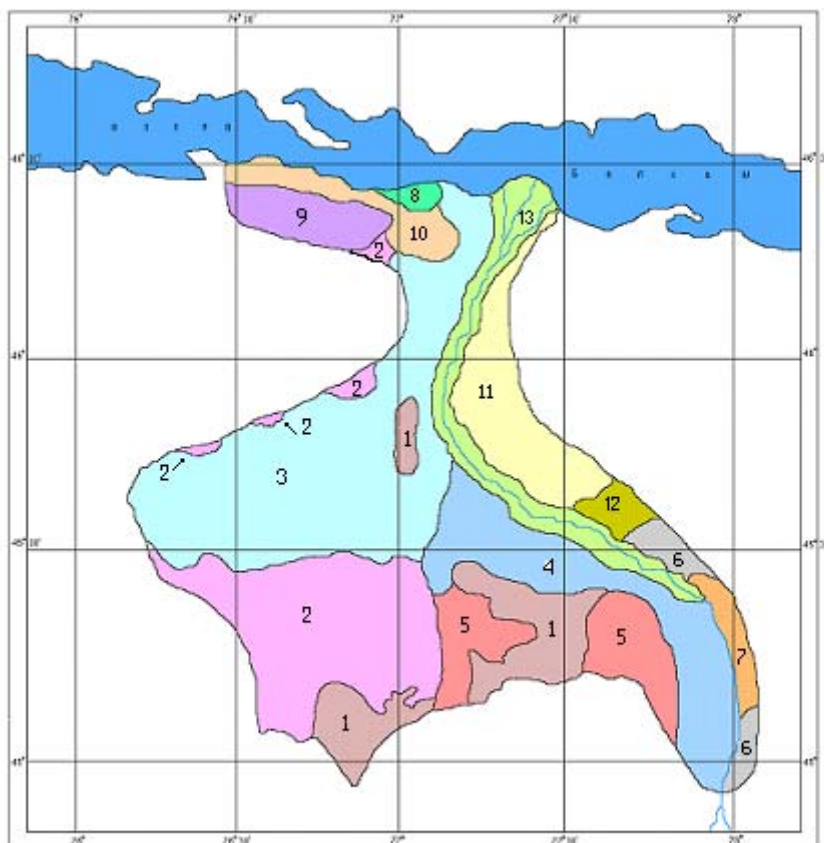


Рис. 6. Карта современного состояния растительности Уштобинского лесхоза

Другие эдафические варианты растительности. Петрофитные. Серии злаково-полынных с эфемероидами сообществ (*Artemisia sublessingiana*, *A. juncea*, *A. terrae-albae*, *Stipa hohenackeriana*, *S. Richteriana*, *S. caucasica*, *Ephedra intermedia*, *Acanthophyllum pungens*, *Atraphaxis compacta*, *Cerasus tianschanica* с *Poa bulbosa*, *Carex pachystylis*) приурочены к восточным окраинам лесхоза (6 контур). Пелитофитные. Ковыльно-полынные с эфемероидами (*Artemisia semiarida*, *Stipa sareptana*, *S. richteriana* с *Poa bulbosa*) занимают промежуточное положение между петрофитными (контур 7).

Растительность долин рек, депрессий побережий.

Гипергалофитные. Соляноколосниково-селитрянково-гребенщикковый ряд. Сообщества тростниковые (*Phragmites australis*) - однолетнесолянковые (*Salicornia europaea*, *Suaeda heterophylla*, *S. salsa*) -соляноколосниковые (*Halostachys caspica*) - селитрянковые (*Nitraria schoberi*) - гребенщикковые (виды *Tamarix*) (контур 8).

Пойма реки Каратал представлена ивовыми с *Rosa laxa*, *R. Alberti*, *Lonicera tatarica*, *Rubus caesius* → кустарниково-лоховыми (*Elaeagnus oxycarpa*, *Salix wilhelmsiana*, *Halimodendron halodendron*, *Tamarix ramosissima*), злаково- разнотравными (*Glycyrrhiza uralensis*, *Leymus multicaulis*) – однолетнесолянково- злаковыми (*Phragmites australis*, *Aeluropus litoralis*) →черносаксауловыми (*Haloxylon aphyllum*) (контур 13).

Естественно за такой значительный промежуток времени в растительном покрове произошли изменения – это проявилось в несовпадении контуров, а в некоторых случаях и изменении их качественного состава. Воспользуемся разработанной системой качественных и количественных показателей нарушенности рассматриваемых экосистем.

Опасения внушали значительные площади в резервной зоне, занятые эфедровыми, эфедрово-изеневыми-еркековыми, иногда с кустарниками. Кустарники по сравнению с другими жизненными формами фитоценозов пустынь самая устойчивая синусия по отношению к ан-

тропогенным воздействиям. В этом плане следует отметить положительные перемены в резервной зоне усиление роли серий сообществ псаммофитнокустарниковых при отсутствии доминирующей роли эфедры. Отмечено хорошее возобновление кустарников. В целом это означает значительное повышение кормового потенциала (контур 2) (рис 6.). Эту территорию можно охарактеризовать как зону экологической нормы. Однако, применяя систему критериев, следует отметить неполноценность фитоценозов, значительное изреживание терескенников, выпадение из травостоя полыни белоземельной, появление рудеральных сорнополынных группировок – умеренная степень нарушенности.

Оценивая ситуацию, экосистему смешанносаксаульников можно отнести сразу к двум категориям: умеренная степень нарушенности, так как не произошла смена доминанта сообщества. И одновременно элементы сильной нарушенности: доминант отличается слабой генеративностью, изреженностью; пески слабозакрепленные (изменение дернины <40%), присутствуют разнополынные рудеральные группировки растительности. Сообщества характеризуются низким видовым составом (10-15 видов), малым проективным покрытием (до 20%) и слабо выраженной ярусностью. Современное состояние неудовлетворительно, саксаул слабо возобновляется, так как происходит разбивание песков при выпасе. Заросли саксаула вырубаются. Явное усиление дигрессионных процессов (контур 1). За прошедшие 14 лет саксауловые сообщества Уштобинского лесхоза не приобрели статус заповедного режима.

Южная часть лесхоза по-прежнему остается зоной экологического кризиса: здесь наряду со смешанносаксауловыми присутствуют сообщества, явно утратившие статус пастбищного угодья (контур 5). Очевидно, что произошла смена условно-коренной растительности. Полное изменение структуры и флористического состава растительного сообщества. Господство сорно-рудеральных фитоценозов – метельчатополынные, брунцовые (ядовитые), эбелековые с крайне разреженным терескеном. Уничтожение дернины <60% - пески разбитые. Очень сильная степень нарушенности.

В северной, ранее неисследованной части, наряду с условно-коренной растительностью отмечены варианты засорения, в частности, контур 9- сорнополынные сообщества. На разбитых песках идет процесс зарастания дендростеллерой, развиты эрозионные процессы (контур 11).

Сопоставление разновременных космоснимков позволило выявить изменения линейных размеров территорий пастбищной дигрессии, охватившей южную часть Уштобинского лесхоза и индексировать по качественным и количественным критериям состояние исследуемой территории (рис.7, 8)

В качестве дешифрируемого признака выбитого участка пастбищ (толока) был взят яркий контраст между толоком и фоном. Были замерены яркие контрасты в красном участке спектра толок-фон в различные периоды вегетации для саксауловых пастбищных массивов. Величина контраста определялась по формуле (Виноградов, 1984):

$$K = \frac{R_T - R_\Phi}{R_T}, \quad (2)$$

где R_T - коэффициент яркости толока,

R_Φ - коэффициент яркости фона.

Наибольший контраст толок-фон наблюдается в период весенней вегетации эфемеров и эфемероидов на песчаных саксауловых пастбищах.

В структуре толока - три выраженных зоны, которым соответствуют различные стадии пастбищной дигрессии: зона I - характеризуется наибольшей оптической контрастностью и практически полностью лишена растительности, зона II - в видовом составе представлены растения-индикаторы - показатели дигрессионных процессов (*Peganum harmala*, *Ceratocarpus utriculosus*), зона III характеризуется преобладанием фоновой растительности.

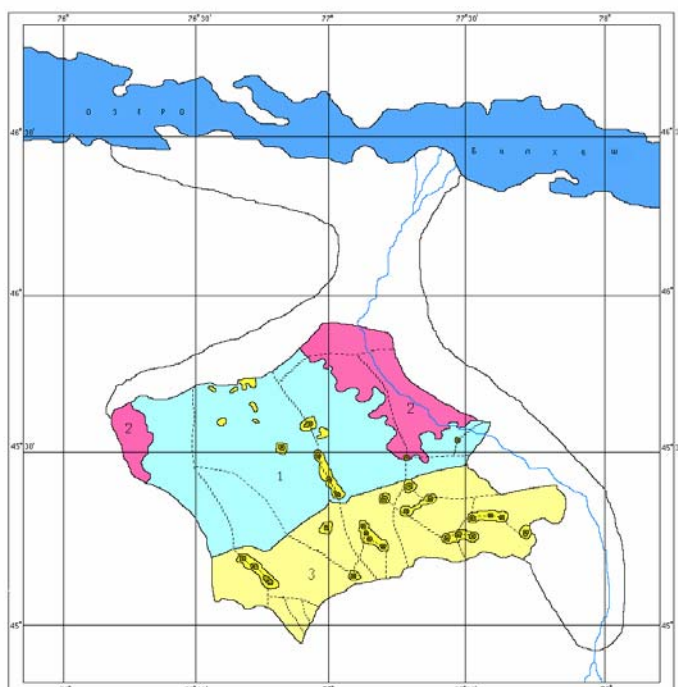


Рис.7 . Карта зон затакыривания, пастбищной дигрессии, резервной зоны Уштобинского лесхоза (1990г.)

(толоки);
 -скотопрогонные тропы;
 - граница зон;
 (производящая);
 2 - зона затакыривания;
 3 - зона пастбищной дигрессии.

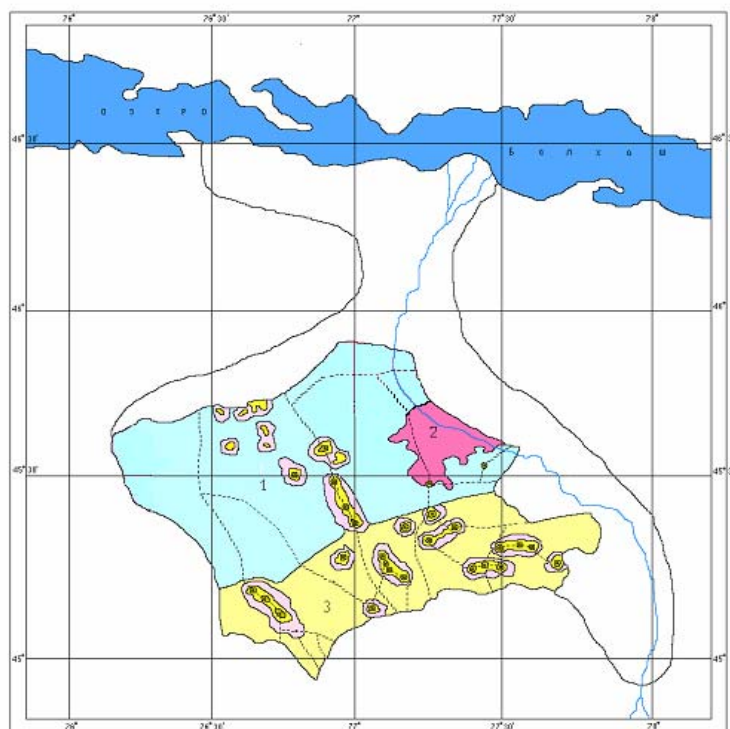


Рис.8 . Карта зон затакыривания, пастбищной дигрессии, резервной зоны Уштобинского лесхоза (2003).

(пятна дигрессии (толоки));
 -скотопрогонные тропы;
 - граница зон;
 1 - резервная зона (производящая);
 2 - зона затакыривания;
 3 - зона пастбищной дигрессии.

Зона II не обладает большой яркостной контрастностью по сравнению с зоной III и на космических снимках представлена шкалой серых тонов, т.е., нет однозначного соответствия между плотностью изображения и типом зоны.

Особенностью рассматриваемой территории является явное преобладание толоков в южной части в связи с достаточной обводненностью территории. Прошедший период времени позволяет оценить линейные параметры увеличения толоков. В среднем увеличение размера толоков произошло на 0,5-1,0 км. Во многом изменение линейных размеров зависит от характера размещения толока, скажем его популярности в плане посещения, особенно, если в центре находится колодец, наличия скотопрогонных троп, его исходных размеров и других показателей.

На территории лесхоза была выделена зона затакыривания, представленная двумя фрагментами: вдоль западной границы лесхоза и второй фрагмент – северная и северо-восточные части (рис. 7).

Западный участок под влиянием перевевания слабозакрепленных, разбитых песков утратил свое существование, как затакыренный и представлен в настоящее время псаммофитнокустарниковой растительностью, на северном, северо-восточном участках значительно сократилась площадь затакыривания (более 50%), хотя такыровидные комплексы с моноценозными группировками биюргуна присутствуют на его территории.

Использование ГИС-технологий позволило выявить приуроченность групп фитоценозов к почвам легкого гранулометрического состава (псаммофиты), также выделить пелитофитный, гемигалофитные, петрофитные эдафические варианты растительности, оценить разнообразие сообществ (ассоциаций) в различных эдафотопических условиях, определить их местонахождение, выявить степень их участия в растительном покрове территории (Паракшин, Паракшина, Бедарева, 2007, 2008; Паракшин, Бедарева, 2007).

На основании дешифрирования космических снимков и карты современного состояния растительности проведен анализ экосистемного разнообразия территории:

- 1) экосистемы на слабо закрепленных бугристых и бугристо-грядовых песках (контуры 1,3, 4);
- 2) экосистемы на закрепленных бугристо-грядовых песках (контур 2);
- 3) экосистемы на закрепленных полого-бугристых песках (контур 9);
- 4) экосистемы пониженных равнин: солонцов, солончаков, такыровидных почв (контур 8);
- 6) антропогенно-трансформированные экосистемы на разбитых песках (контур 5,11);
- 7) экосистемы на выположенных мелко-бугристых песках (контур 12);
- 8) экосистемы надпойменных террас и речных долин (контур 13) (Богачев, Бедарева, Дускаев, 1997; Романекова, Бедарева, 2005).

Экосистемное разнообразие обследованной территории сохранилось, несмотря на то, что на локальных антропогенно-нарушенных участках целостность и дискретность экосистем нарушена, а отдельные компоненты (растительность, почва) в значительной степени трансформированы. Этим и обусловлено выделение особого типа антропогенно-трансформированных экосистем, что важно при оценке дигрессионных процессов. В отличие от природных экосистем, естественное возобновление ботанического разнообразия в них почти невозможно. Кроме того, более 70% территории представлены слабозакрепленными песками, что обуславливает развитие процессов ветровой эрозии (Юсов, Бедарева, Паракшина, 2008). Поэтому такие территории всегда будут находиться в зоне экологического риска – необходима фитомелиорация.

Для частичного восстановления ботанического разнообразия на территории Уштобинского лесхоза необходимо соблюдение строгих нормативов природопользования. Наличие приемлемых лесорастительных условий позволяет выращивать лесные культуры саксаула черного и саксаула белого. К сожалению, на данном этапе – это невозможно, так как в течение ряда лет (сдвоенные, строенные периоды по годам) на территории Уштобинского лесхоза, да и в других саксауловых массивах наблюдался неурожай семян. Поэтому отбор семян для

проведения селекционных работ, создания культур не представляется возможным. Более того, возобновление саксаула на вырубках имеет порослевой характер. В этом случае растения уже в возрасте 30 лет при диаметре корневой шейки 16 см и более разрушаются, не достигнув возрастной спелости. Это результат варварских рубок с применением тросов. Практически все выделенные экосистемы в той или иной степени антропогенно-трансформированы.

На территории лесхоза на долю саксаула приходится примерно 40% территории, он выделен в виде четырех массивов, наиболее крупный расположен на юго-западе, остальные занимают небольшие площади.

Распределения возрастных групп саксаульников лесхоза представляют довольно пеструю картину. Известно, что популяция только тогда имеет будущее, если представляет собой убывающей ряд геометрической прогрессии (Бедарева, Курманская, 2003). В частности в подросте динамические тенденции отсутствуют, хотя скорее носят отрицательный характер. За период 2003-2008гг молодняки на территории лесхоза практически были уничтожены; отсутствует возобновление саксаула – это в первую очередь связано с интенсивной пастбищной нагрузкой в южной части лесхоза, здесь наиболее ярко выражены дигрессионные процессы. Среди средневозрастных и приспевающих саксаульников можно отметить положительную динамику, их площади увеличились на 7808 га и 97 га соответственно. Для спелых и перестойных саксаульников за отчетный период фиксируем отрицательную динамику (-1643 га по сравнению с 2003г). Практически общая площадь лесхоза, покрытая саксаулом черным, сократилась на 1643 га за 5 лет и составляет в настоящее время 94932 га (табл.7).

Таблица 7

Анализ динамики распределения саксаульников Уштобинского лесхоза по возрастным группам, га (по данным Алматинского областного акимата, 2008)

Группы возраста саксаула черного	Годы учета ЛФ		Разница + -	
	На 01.07.2003г.	На 01.01.2008г	Площадь, га.	%
Подрост	7905	0	-7905	-100
Средневозрастные	40859	48667	7808	19,1
Приспевающие	20739	20836	97	0,5
Спелые и перестойные	27071	25428	-1643	-6,1
Итого	96574	94931	-1643	-1,7

На мой взгляд, саксауловые леса Казахстана следует отнести к экосистемам 1-ой категории охраны. Хотя, задолго до моего предложения на территории Казахстана с 29.04 2004 года действует 10-летний мораторий на рубки главного пользования в саксауловых лесах государственного лесного фонда. Мораторий повсеместно нарушается.

Таким образом, общая тенденция, охватившая все саксауловые массивы, не миновала и эту территорию. В связи с исключительной ценностью и многовековым использованием саксаульники претерпели значительные изменения. В настоящее время отмечено значительное сокращение их ареала, биоразнообразия, практически полное исчезновение высокополнотных зарослей с запасом топливной древесины до 40 тонн на гектар. При современных условиях экологической и экономической нестабильности усилено бесхозяйственное и невосполнимое истребление этих лесов, их деградация также усугубляется в результате интенсивного пастбищного использования при иссушении пойм пустынных рек, распашке и засолении пахотных почв, при ветровой эрозии и беспощадной вырубке на топливо.

9. АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Традиционно территория пустынных пастбищ используется под выпас скота. В этих условиях на естественные смены растительности накладывается воздействие антропогенного фактора, в результате временная динамика идет по смешанному типу (Макулбекова, Плисак, 1981). Постоянная нагрузка на пастбища, чаще всего без учета потенциальной их возможности, приводит к появлению в травостое сорных, плохо поедаемых, а иногда и ядовитых видов, уменьшению некоторых ценных в кормовом отношении растений. Поскольку растительность является одним из блоков экосистемы, причем весьма информативным и индуцирующим любые изменения многих компонентов, необходимо тщательное изучение в динамике его состояния, продуктивности, границ. Для этого необходимо провести инвентаризацию современного состояния растительного покрова, углубленную оценку экосистем, степени их нарушенности, установление пределов возможного изъятия ресурсов, а также разработать методики контроля за состоянием среды, биологических и почвенных ресурсов, эколого-экономической оценки ущербов, наносимых антропогенным воздействием. Всю эту информацию можно получить путем системы наблюдений (наземных, аэровизуальных, аэрокосмических) и построении серии тематических карт на единой топооснове и единого масштаба (Бедарев, Бедарева, 2000). Создание серии оценочных карт растительности, антропогенной трансформации, степени использования, опустынивания помогут решить многие вопросы лугопастбищного хозяйства (Бижанова, 1999, 2003).

Выявление процессов антропогенной трансформации и интенсивности использования пастбищных экосистем рассмотрены на основании исследований, проведенных в пустынях Сарыесик-Атырау и Мойынкум относящихся к подзоне средних пустынь Казахстана. Большая часть массива Сарыесик-Атырау входит в состав Баканасского лесхоза. Использование такой административно-хозяйственной единицы как лесхоз обусловлено обеспеченностью космическими снимками территории, наличием опытного полигона в его составе. Кроме того, на территории лесхоза давно и успешно сочетаются две формы хозяйственного использования: пастбищная и лесная. Основными показателями экологического состояния ПКУ в результате интенсивной пастбищной нагрузки являются качественные и количественные признаки степени нарушенности, выявляемые как стадии динамических дигрессивных рядов, соответствующие определенной силе воздействия антропогенного фактора. Используются следующие стадии рядов и соответствующие им степени нарушенности ПКУ и интенсивности антропогенного воздействия: 1) слабая - умеренное пастбищное использование, 2) средняя - интенсивное пастбищное использование, 3) сильная - чрезмерное пастбищное использование с разрушением почвенного покрова. Ботаническое содержание каждой стадии, состоящее из названия серийного сообщества и доминирующих кормовых растений, дополняется количественными показателями продукции угодий в ц/га, что позволяет проследить изменение ресурсного потенциала растительности в связи с ее деградацией (Котова, 2000).

В результате проведенных исследований с применением космических снимков на территории песчаных массивов Сарыесик-Атырау и Мойынкум получена серия карт: современного состояния растительного покрова, антропогенной трансформации, интенсивности использования, карта типов пастбищ, карта лесов, отражающая соотношение лесных и безлесных площадей, оценено экосистемное разнообразие (Бедарева, 2007, 2007а; Бедарева, Хлюстов, 2007).

Характерные черты растительности песков Сарыесик-Атырау отображены на современной карте растительности, которую можно считать базовой. Здесь выделены эдафотопические варианты, связанные с различными типами рельефа и почвенными разностями: гемипсаммофитная (гемигалофитная по химизму почв), пелитофитная (гипергалофитная), псаммофитная на связнопесчаных, рыхлопесчаных, пылеватых почвах, гипергалофитная растительность солончаков, травяная растительность речных долин.

Анализ карты растительности показал, что большая часть территории представлена такими эдафическими вариантами как псаммофитный и пелитофитный, обращает внимание разнообразие местообитаний: от депрессий побережий озер до бугристо-грядовых песков.

Результаты антропогенной трансформации отражены на соответствующей карте. Условно-коренной для псаммофитной растительности можно считать терескенники, белоземельнополынники еркекековые, еркечники белоземельнополынные; а для пелитофитной – черносаксаульники кейреуковые, черносаксаульники белоземельнополынные.

Гипергалофитная растительность побережья оз. Балхаш и травянистая растительность речных долин характеризуется развитием однолетнесолянковых группировок, не обладающих большим кормовым потенциалом, значительной закустаренностью, обусловленной присутствием различных видов тамарисков. Доминирующий тип засорения – однолетнесолянковый, ирисовый, кустарниковый.

Многолетнесолянковая пелитофитная растительность засорена эбелеком, адраспаном (многолетнетравяной), во многих случаях закустарена видами тамариса. В пелитофитной растительности, несмотря на изменения, в сообществах наблюдается небольшое возобновление кейреука, полыни белоземельной, саксаула черного. Хорошее развитие отмечено у адраспана, полыни песчаной, эбелека, то есть у видов, которые и формируют основные типы засорения.

Псаммофитнозлаковая растительность характеризуется исчезновением еркека (*Agropyron fragile*), и появлением селина (*Stipagrostis pennata*), хондриллы (*Chondrilla ambigua*) и других видов-индикаторов антропогенно-трансформированных экосистем. Дольше всего сохраняются кустарники: джужгуны, песчаная акация, астрагалы, курчавка. Преобладающим типом засорения является многолетнетравяной. Под влиянием выпаса еркековые белоземельнополынники трансформируются в песчанополынники с полынью белоземельной, затем в злаковые песчанополынники.

На карте интенсивности использования песчаного массива Сарыесик-Атырау выделены категории интенсивного и умеренного использования, сенокосения. В Сарыесик-Атырау интенсивно используются пелитофитная и частично псаммофитная растительность, а гемипсаммофитная и большая часть псаммофитной — умеренно. Интенсивное использование пастбищ приводит к процессам опустынивания.

Сильное опустынивание наблюдается в северной, местами в центральной частях массива на месте сплошных рубок саксаула, а более узкая южная часть относится к умеренному опустыниванию.

Для исследуемой части массива Сарыесик-Атырау выделены семь типов пастбищ, в которых обозначены подтипы и в некоторых случаях модификации типов, даны характеристики по растительности, местообитанию, сезону развития, средней урожайности.

Основу пастбищного фонда Сарыесик-Атырау составляют черносаксауловые, терескеновые, белоземельнополынные типы пастбищ, кустарниковые пастбища, их урожайность колеблется от 1-7 ц/га. Большинство пастбищ отличаются сезонным характером использования. Поэтому их можно разделить на следующие сезонные группы: круглогодичные, весенне-осенние, осенние и частично зимние. Пастбища массива преимущественно весенне-осеннего использования, хотя в настоящее время их используют круглогодично. Пастбища восточной части пустыни относятся исключительно к круглогодичным. Хотя, круглогодичное использование этих пастбищ возможно лишь при условии достаточной обводненности территории (развития сети колодцев), необходимого запаса кормов при неблагоприятных условиях зимнего периода. Рациональное использование пастбищ имеет большое значение для сохранения видового разнообразия кормовых растений и повышения их продуктивности. Бессистемный выпас практически на всей территории привел к ухудшению кормовых качеств пастбищных экосистем: на песчаных пастбищах появились в больших количествах эфедровые модификации, на глинистых повсеместно распространены моноценозы эбелека, на солончаках однолетнесолянковые группировки, в основном из лебеды (Бедарева, 2008).

Следует отметить, что в Сарыесик-Атырау наибольшую площадь занимают черно-

саксауловые сообщества различной степени сомкнутости, их же можно считать условно-коренной растительностью, кроме того, к условно-коренной растительности относится кустарниковая, белоземельнопопынная, терескеновая. На карте лесов черносаксаульники, по сути, образуют фон, занимают большую часть исследуемого массива, комплексируясь с другими сообществами пустынной растительности. В настоящее время на Баканасский лесхоз приходится 1574,7 тыс. га, в том числе покрытая лесом площадь - черносаксаульниками и комплексами кустарниковой и тугайной растительности составляет 923,2 тыс. га.

Основными видами засорения в черносаксаульниках являются адраспановый (*Peganum harmala*) и эбелековый (*Ceratocarpus utriculosus*).

Проведенные исследования и анализ картографических материалов позволяют сделать следующие выводы.

В условно-коренной черносаксауловой, кустарниковой и белоземельнопопынной растительности Сарыесик-Атырау в той или иной степи произошли изменения. На фоне антропогенной трансформации растительности выявлены основные типы засорения: эбелековый, метельчатопопынный, селиновый, адраспановый, которые могут привести к ухудшению пастбищ и изменению среды обитания, полной деградации пастбищ. Процесс деградации очень длителен, но еще более длителен процесс демутиаций. Причем, чаще всего смены необратимы ввиду отсутствия резервата семян для дальнейшего воспроизводства.

Смена сообществ зависит от следующих факторов: сезонный нерегулируемый выпас, вырубка кустарников, играющих эдификаторную роль, сенокосение.

Многолетние исследования динамики пастбищных экосистем показали, что ряды трансформации типизируются в обобщенный трехчленный ряд, каждая стадия которого характеризует степень нарушенности растительности: фоновая или слабонарушенная → среденарушенная → сильно и очень сильно нарушенная (Огарь, 1999).

Общей закономерностью конвергенции при пастбищной дигрессии является повсеместная эдификаторная роль в элювиальных ландшафтах – популяций *Peganum harmala* (адраспан). В качестве основных критериев антропогенной трансформации выступают изменение видового состава, продуктивности, проективного покрытия.

Получение оценочных карт подобного рода актуально не только для растительного покрова пустынных песчаных массивов, но и других типов растительности.

10. ПРЕДЛОЖЕНИЯ К ПОЛОЖЕНИЮ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ПУСТЫХ ПАСТБИЩ

Проблема рационального использования пустынных экосистем в качестве пастбищ встает в широком комплексном аспекте. Она обусловлена, в частности, большим вниманием во всем мире к процессам опустынивания, прогрессирующим в аридной зоне под влиянием человека, в связи с неумеренной пастьбой скота, эксплуатацией минеральных ресурсов, строительством технических сооружений, а также под действием природных факторов. В пустынной зоне Казахстана хозяйственная нагрузка на пастбища тоже очень велика. Поэтому состояние пастбищной территории должно находиться под постоянным контролем, который позволял бы своевременно сигнализировать о процессах дигрессии в природных комплексах пустыни (Бедарева, 2002).

На деградацию лесопастбищ указывает снижение их полноты, которая за последние десятилетия уменьшилась с 0,52 до 0,47, т.е. на 10 %. Снижение лесистости и сокращение объемов искусственного лесоразведения, угрожают катастрофическим развитием дефляции и деградации пастбищ на преобладающей части пустынь Кызылкум, Мойынкум, Сарыесик – Атырау, других массивов (...из программы по борьбе с опустыниванием в Республике Казахстан на 2005-2015 годы).

Получение систематической оперативной информации о пастбищных территориях пустынной зоны в государственном лесном фонде возможно с организацией специализированной аэрокосмической службы слежения за состоянием пустынных пастбищ. Основной за-

дачей такой службы можно считать обеспечение органов сельского и лесного хозяйства республики Казахстан актуализированной информацией по ряду характеристик пустынных экосистем: рельефу, почвам, характеру и степени опустынивания территории, составу и структуре фитоценозов с оценкой продуктивности пастбищных угодий. Однако, учитывая общий интерес разных отраслей народного хозяйства к информации подобного рода, задачи аэрокосмической службы слежения могут рассматриваться шире рамок ведомственной потребности. Например, как частные вопросы в контексте общих экологических проблем пустынной зоны Казахстана.

Исходя из задач аэрокосмической службы и технических средств, которыми она располагает в данное время, технология слежения может проводиться на основе разномасштабных и разноуровневых наблюдений. Таким образом, аэрокосмическая служба слежения за состоянием пустынных пастбищ представлена, как ступенчатый мониторинг пустынных экосистем с использованием дистанционных методов их исследования, который позволит реализовать ландшафтный подход к формированию основы пастбищного картирования.

В целом разработка и ввод в действие новых средств дистанционных измерений выдвигает проблему обоснованного выбора стратегии осуществления комплекса мероприятий, направленных на сбор и обработку синхронно получаемой наземной информации, необходимой для последующей автоматизированной интерпретации данных дистанционного зондирования.

В подзоне средних пустынь осуществлен комплекс исследований с использованием новых технологий, а именно методов дистанционного зондирования. Анализ работы показал, что применение дистанционного зондирования в рамках классических геоботанических и лесотаксационных подходов позволило решить многие задачи более оперативно и качественно

Достоинством таких методов является:

- создание карт, которые, по сути, являются определенными моделями для решения различных задач (природоохранных, природопользования, современного состояния растительного покрова);
- использование методов дистанционного зондирования позволяет более точно и оперативно проводить дешифрирование аэрокосмических снимков - выделение контуров;
- при помощи методов дистанционного зондирования также оперативно можно оценить современное (актуальное) состояние растительности, определить трансформацию растительного покрова, ее степень и размеры;
- при помощи этих методов достаточно просто выявить биоразнообразие (фитоценотическое, ландшафтное, экосистемное).

Отработанная схема проведения экспериментальных работ позволяет осуществить сбор информации, необходимой для создания банка спектральных эталонов исследуемых объектов, определения оптимальных параметров выполнения лётно-съёмочных работ, перечня задач, решаемых в интересах органов сельскохозяйственного управления.

Программа выполнения лётно-съёмочных работ в заданном регионе должна включать на предварительном этапе постановку экспериментов и организацию наземных работ по нахождению регрессионных взаимосвязей данных продуктивности и оптических параметров системы почва-растительный покров.

Особенностью данной работы является то, что в основу всех разработок положен принцип трехуровневого изучения объекта: космическая, спутниковая съёмка; подспутниковые самолетные наблюдения; наземные наблюдения на тестовых участках. Различный уровень генерализации, присущий каждой из трех ступеней, позволяет с максимальной степенью достоверности дешифрировать данные аэрокосмической информации, классифицировать объекты и происходящие процессы (Бедарева, 2005а; 2006а).

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальные данные позволили установить взаимосвязь между урожайностью и спектральными коэффициентами яркости в разрезе основных ассоциаций для позднелетнего и раннелетнего периодов наблюдений, что в целом подтверждается соответствующими уравнениями регрессии и коэффициентами детерминации. Выявлены оптимальные сроки для проведения аэрофотометрических наблюдений.

2. Разработан алгоритм расчета сезонной урожайности пастбищных кормов на основании данных аэрофотометрирования и крупномасштабной аэрофотосъемки, позволяющий дифференцировать урожайность по ярусам.

3. Опыт работы с материалами крупномасштабной аэрофотосъемки показал значительные возможности метода дешифрирования в определении различных таксационных показателей пустынно-пастбищной растительности. Достоверность результатов дешифрирования подтверждается сопоставлением (статистический анализ) с данными контактных исследований. Варьирование индикационных признаков пустынно-пастбищной растительности при визуальном крупномасштабном дешифрировании позволяет считать достоверным использование групп признаков.

4. Проведено статистическое моделирование изменения общей древесной и поедаемой массы саксаула черного в зависимости от средних высот, густоты стояния древостоя и других таксационных показателей. Получены соответствующие таблицы нормативов.

5. Разработаны статистические модели возрастной динамики роста, строения и продуктивности надземной фитомассы саксаула черного.

6. На основании моделирования многообразия строения и урожайности терескеновых пастбищ получены нормативные таблицы поедаемой массы терескена при различных показателях средней высоты, среднего диаметра и густоте стояния растений.

7. Перевыпас и, как следствие, разбивание песков отрицательно воздействует на популяцию саксаула черного, его возобновление и способствует выпадению подроста. Установлено, что в результате антропогенного воздействия (выпаса) в пустынных пастбищных экосистемах наибольшей устойчивостью обладает псаммофитнокустарниковая растительность.

8. На основании дешифрирования разновременных космических снимков прослежена динамика дигрессионных процессов; оценено экосистемное разнообразие. Разработаны качественные и количественные критерии антропогенной нарушенности растительных сообществ.

9. Доминирующими типами засорения пастбищных угодий песчаных массивов Сарыесик-Атырау и Мойынкум являются метельчатопольный и эбелековый.

10. Изучена природная и антропогенная динамика растительности средних пустынь Казахстана, установлены ряды антропогенной трансформации фитоценотической составляющей экосистем.

11. Использование базовых карт современного (актуального) состояния растительности позволяет проводить моделирование на любые «сценарии». Получены оценочные карты: типов пастбищ, антропогенной трансформации, интенсивности использования, карты лесов песчаных массивов Сарыесик-Атырау, Мойынкум. При использовании базовых карт все материалы, полученные дистанционными методами, должны быть подтверждены традиционными методами геоботанических исследований.

12. Мониторинг пастбищных угодий в процессе функционирования службы слежения представляет собой многоуровневую модель:

- первая ступень - контурное дешифрирование контролируемой территории по материалам космической съемки на уровне ландшафтов;

- вторая ступень - дешифрирование на уровне групп ассоциаций (типов пастбищ), ассоциаций, популяционном уровне растительного покрова по материалам выборочной крупномасштабной и сверхкрупномасштабной аэрофотосъемки;

- третья ступень представляет собой дистанционную индикацию урожайности растительности аэрофотометрическим методом или другими методами дистанционного зондирования, исходя из технических возможностей организации;
- четвертая ступень заключается в детальном геоботаническом, лесотаксационном, почвенном обследовании на тестовых участках.

Список публикаций по теме диссертации:

В монографиях:

1. Бедарев С.А. Пастбища и космос / С.А. Бедарев, О.М. Бедарева, Б.А. Тулеубаев. - Алма-Ата, 1993. - 99 с.
2. Бедарева О.М. Продуктивность пустынных пастбищ Казахстана и оценка их состояния методами дистанционного зондирования / О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов. - Калининград, 2006. - 285 с.

В рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

3. Лагунов П.М. Агрокосмическая и фотометрическая оценка кормовых ресурсов пустынных лесов / П.М. Лагунов, И.С. Успенский, О.М. Бедарева // Лесное хозяйство. - М., 1990. - №10. - С 35-37.
4. Бедарева О.М. Статистическая модель поедаемой массы саксаула черного /О.М. Бедарева //Вестник Поморского университета. – Сер. Естественные и точные науки. - 2006. - №4. - С.161-165.
5. Бедарева О.М. Антропогенная трансформация пастбищных экосистем/ О.М. Бедарева //Вестник Саратовского аграрного университета им. Н.И. Вавилова. - 2007. - №1. - С. 15-18.
6. Бедарева О.М. Экосистемное разнообразие пастбищного массива Мойынкум/ О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов //Известия ТСХА. - 2007. - №2. - С. 132 -135.
7. Бедарева О.М. Антропогенная трансформация и интенсивность использования пастбищных экосистем Южного Прибалхашья/ О.М. Бедарева //Кормопроизводство. - 2007а. - №10. - С. 5-7.
8. Бедарева О.М. Возрастная динамика общей надземной фитомассы саксаула черного /О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов //Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. - 2008. – Вып. 1. – Сер. Естественные науки. - С. 65-69.
9. Юсов А.И. Флористический состав и продуктивность сообществ на эродированных почвах Варшавской возвышенности / А.И. Юсов, О.М.Бедарева, Э.М. Паракшина //Аграрный вестник Урала. - №3 (45), март. - 2008.- С. 70 -73.
10. Бедарева О.М. Сезонная продуктивность и характер использования основных типов пастбищ Южного Прибалхашья / О.М. Бедарева //Вестник Саратовского аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2008. - №5. - С. 8 -10.
11. Бедарева О.М. Взаимосвязь общей древесной массы саксаула черного со средней высотой и суммой площадей проекций крон /О.М. Бедарева// Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. – 2008а. – Вып.7. - Сер. Естественные науки. - С. 81-83.

В региональных и зарубежных изданиях, материалах съездов и конференций:

12. Бедарев С.А. Учет продуктивности пастбищной растительности / С.А. Бедарев, О.М. Бедарева // Флора и растительность Северного и Западного Казахстана. – Алма-Ата, 1987. - С. 73 -75.
13. Байтулин И.О. Оценка состояния и продуктивности растительного покрова методами дистанционного зондирования / И.О. Байтулин, С.А. Бедарев, О.М. Бедарева // Актуальные вопросы ботаники в СССР. 8-ой делегатский съезд Всесоюзного ботанического общества: сб. докл. / Алма-Ата, 1987. - С.181.
14. Бедарева О.М. Дистанционное определение продуктивности пастбищной растительности Казахстана по спектрам отражения / О.М. Бедарева // Информационный бюллетень службы НТИ Казлеспоекта. - Алма-Ата, 1988. - №6. - С. 1-8.

15. Лагунов П.М. Разработать технологию аэрокосмической оценки кормовых ресурсов пустынных и полупустынных пастбищ на землях государственного лесного фонда Казахстана: отчет о НИР 01.08.Н/д. / П.М. Лагунов, О.М. Бедарева, И.С. Успенский, А.П. Бессчетнов - Алма-Ата, 1988.- 105с.

16. Бедарева О.М. Технология аэрокосмической инвентаризации древесно-кустарниковой и травянистой растительности пустынных земель гослесфонда /О.М. Бедарева // Информационный листок КазНИИНТИ при Госплане КазССР.- Алма-Ата, 1990. - №162. – С 1-4.

17. Бедарева О.М Отражательная способность растительности Южного Прибалхашья: автореферат канд. биол. наук: 03.00.05-Ботаника /О.М. Бедарева.- Алма-Ата, 1990а.-24с.

18. Усольцев В.А. Оценка урожайности кормовых трав на чёрносаксауловых пастбищах / В.А.Усольцев, В.Е. Харитонов, И.С. Успенский, О.М. Бедарева // Информационный листок КазНИИНТИ при госплане Каз ССР.- 1990.- №65.- С. 1-4.

19. Усольцев В.А. Регрессионные модели для оценки надземной фитомассы чёрносаксаульников / В.А. Усольцев, О.М. Бедарева // Проблемы лесного хозяйства: материалы международной научной конференции. – Екатеринбург, 1991.- С.25-27.

20. Бедарев С.А. Спектральные отражательные свойства растений эдификаторов и их сообществ пустыни Сары - Ишикотрау / С.А. Бедарев, О.М. Бедарева, Г.К. Асанова, С.Н. Ларионов // Проблемы освоения пустынь.- Ахабад, 1992. - № 2.- С. 19-24.

21. Усольцев В.А. Опыт составления таблиц надземной фитомассы чёрносаксаульников / В.А.Усольцев, В.Е. Харитонов, И.С. Успенский, О.М. Бедарева // Лесная таксация и лесоустройство: сб. науч. трудов.- Екатеринбург, 1993.- С. 12-22.

22. Богачев В.П. Структурно – функциональная организация дельтовых систем /В.П.Богачев, О.М. Бедарева, К.К. Дускаев // Вестник КазГУ. Сер. География. - Алма-Ата, 1997.- Вып. 5. – С. 3-7.

23. Бедарева О.М. Экологическая оценка чёрносаксауловых лесов республики Казахстан по материалам аэро- и космосъёмки / О.М. Бедарева // Аграрная наука на рубеже веков (15-17 октября) : материалы междунар. науч. практ. конференции. - Акмала, 1997. - С. 72-73.

24. Бедарев С.А. Оценка состояния и продуктивности естественных кормовых угодий методом дистанционного зондирования / С.А. Бедарев, О.М. Бедарева // Проблемы сельского хозяйства: сб. науч. тр./КГТУ – Калининград, 2000.- С. 3-8.

25. Бедарева О.М. О контактных и дистанционных методах определения продуктивности сенокосов и пастбищ / О.М. Бедарева // Перспективы развития животноводства в Северо-западном регионе (1-2 ноября): материалы междунар. науч. практ. конференции / КГТУ.- Калининград, 2001.- С. 52-56.

26. Бедарева О.М. Экологические особенности экосистемы саксаула чёрного / О.М. Бедарева // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: сб. науч. трудов. Вып. 3.- Брянск, 2002.- С. 62-65.

27. Бедарева О.М. Крупномасштабное дешифрирование при инвентаризации пастбищных угодий / О.М. Бедарева // Инновации в науке и образовании –2003: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию высшего рыбохозяйственного образования в России (13-15 октября)/ КГТУ.- Калининград, 2003.- С. 80-81.

28. Бедарева О.М. Изменение возрастного состава ценопопуляций эдификаторов луговых сообществ при различных режимах их использования / О.М. Бедарева, А.В. Курманская // Ботаническая наука на службе устойчивого развития стран Центральной Азии: материалы междунар. науч. конф. (25-26 сентября).- Алматы, 2003.- С.154-157.

29. Бедарева О.М. Перспективы исследования по экологическому мониторингу растительного покрова / О.М. Бедарева // Роль ботанических садов в сохранении и обогащении биологического разнообразия (14-18 сентября): материалы междунар. конф., посвящ. 100-летию Ботанического сада КГУ / КГУ. - Калининград, 2004.- С. 103-105.

30. Бедарева О.М. Дистанционные методы при инвентаризации пустынно- пастбищной растительности / О.М. Бедарева // Почвы национальное достояние России (9-13 августа): материалы 4-го съезда Докучаевского общества почвоведов.- Новосибирск, 2004а.- С. 431-432.

31. Бедарева О.М. Алгоритм расчёта сезонной урожайности кормов с применением методов дистанционного зондирования / О.М. Бедарева // Проблемы сельского хозяйства: сб. науч.тр. / КГТУ.- Калининград, 2005.- С. 58-64.

32. Бедарева О.М. Классификация многообразия структуры надземной фитомассы терескеновых пастбищ пустынь Казахстана / О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов // Природная и антропогенная динамика экосистем: материалы всероссийской конференции, посвящённой памяти выдающегося исследователя лесов Сибири А.С. Рожкова (11-15 октября) / ИГТУ.- Иркутск, 2005.- С. 483-486.

33. Хлюстов В.К. Возрастная динамика продуктивности саксауловых древостоев Средних пустынь Казахстана / В.К. Хлюстов, О.М. Бедарева // Экспериментальная информация в почвоведении: теория и пути стандартизации (20-22 декабря): труды Всероссийской конференции / МГУ.- М., 2005.- С. 78-79.

34. Бедарева О.М. Технологическая схема аэрокосмической службы слежения за состоянием природных кормовых угодий / О.М. Бедарева // Состояние и перспективы развития почвоведения: материалы междунар. науч. конференции, посвящённой 60 - летию образования Института почвоведения им. У.У. Успанова.- Алматы, 2005а.- С. 19-20.

35. Бедарева О.М. Экологическая оценка дигрессионных процессов растительного покрова пустынных, пастбищных экосистем с применением материалов космосъёмки / О.М. Бедарева // Вузовская наука - сельскому хозяйству: междунар. науч. практ. конференция: сб. статей / АГАУ.- Барнаул, 2005б.- С. 273-276.

36. Романекова С.А. Современные природные и антропогенные процессы и их влияние на растительность пойм рек /С.А. Романекова, О.М. Бедарева // Проблемы сельского хозяйства: сб. науч. тр./КГТУ - Калининград, 2005. - С. 307-310.

37. Бедарева О.М. Статистические методы классификации опытных данных / О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов, В.С. Бедарев // Инновации в науке и образовании –2005: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию основания КГТУ и 750-летию Кёнигсберга – Калининграда (19-21 октября) / КГТУ.- Калининград 2006.- С. 36-40.

38. Хлюстов В.К. Закономерности возрастной динамики роста, строения и продуктивности саксаульников / В.К. Хлюстов, О.М. Бедарева // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: материалы междунар. науч.- прак. конференции (17-19 апреля) / ГГАУ.- Гродно, 2006. - С. 28-32.

39. Бедарева О.М. Возрастная динамика самоизреживания саксаула черного / О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов //Естествознание и гуманизм: сб. науч. работ. - Томск, 2006а.- Т.3.- №2.- С.45-48.

40. Бедарева О.М. Предложения к положению аэрокосмической службы слежения за состоянием пустынных пастбищ / О.М. Бедарева //Экологические проблемы отраслей народного хозяйства: материалы международной научно-практической конференции.- Пенза, 2006а.- С. 26-28.

41. Бедарева О.М. Определение видового состава пустынно-пастбищной растительности с применением материалов крупномасштабной аэрофотосъёмки / О.М. Бедарева // Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов: материалы четвертой международной научной конференции. - Элиста, 2006б.- С.17-19.

42. Бедарева О.М. Использование крупномасштабной аэрофотосъёмки для определения некоторых таксационных показателей пустынно-пастбищной растительности / О.М. Бедарева // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник статей международной научно-практической конференции/ АГАУ. - Барнаул, 2006в.- Кн.3. - С. 355-357.

43. Бедарева О.М. Возрастная динамика массы среднего дерева в разрезе средних высот / О.М. Бедарева, В.К. Хлюстов // Инновации в науке и образовании-2006: материалы междунар. науч. конф./КГТУ. - Калининград, 2006б.- С. 75-78.

44. Хлюстов В.К. Аппроксимация строения саксаульников по диаметру крон деревьев методом регрессии/ В. К. Хлюстов, О.М. Бедарева, Азенов// Доклады МСХА: сб. науч. трудов/РГУ-МСХА – М., 2006.- Вып.278. – С. 619-621.

45. 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. – 2006г.- № 6 (258). – С. 28-32.

46. Бедарева О.М. Достоверность аналитико-измерительного дешифрирования таксационных показателей / О.М. Бедарева // Известия национальной академии наук Республики Казахстан.- Сер. Биологическая и медицинская. – 2006д. - № 5(257). – С.84-87.

47. Байтулин И.О. Выделение продуцирующей площади пустынных пастбищ с использованием материалов космосъемки/ И.О. Байтулин, О.М. Бедарева// Известия национальной академии наук Республики Казахстан.- Сер. Биологическая и медицинская. – 2007. - № (259). – С.33-37.

48. Паракшин Ю.П. Пространственно-временная организация солонцовых территорий /Ю.П. Паракшин, Э.М. Паракшина, О.М. Бедарева //Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты: материалы международной научной конференции. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 481-485.

49. Паракшин Ю.П. Ландшафтно-экологические взаимосвязи почвенного и растительного покровов солонцовых комплексов / Ю.П. Паракшин, О.М. Бедарева //Актуальные вопросы сельского хозяйства в Северо-Западном регионе: сб.науч. тр./ КГТУ. - Калининград, 2007.- С.40-49.

50. Бедарева О.М. Технология инвентаризации пустынно-пастбищной растительности методами дистанционного зондирования /О.М. Бедарева// Фундаментальные достижения в почвоведении, экологии, сельском хозяйстве на пути к инновациям: материалы всероссийской научно-практической конференции /МГУ. - М., 2008б. - С. – 167-168.

51. Огарь Н.П. Критерии антропогенной трансформации пастбищных экосистем Средних пустынь Казахстана / Н.П. Огарь, О.М. Бедарева // Эколого-биологические проблемы бассейна Каспийского моря и водоемов внутреннего стока Еразии: материалы X международной конференции, посвященной 450-летию Астрахани/ - Астрахань, 2008. - С. 361-363.

52. Паракшин Ю.П. Элементарные почвенные ареалы как объекты ГИС/ Ю.П. Паракшин, Э.М. Паракшина, О.М. Бедарева //Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы III международной научно-практической конференции/ АГАУ. – Барнаул, 2008. - Т. 3. - С. - 354-357.

В учебно-методических изданиях:

53. Паршина Г.Н. География растений с основами экологии /Г.Н.Паршина, О.М. Бедарева. - Алматы, 1998.- 212с.

54. Бедарев С.А. Геоботаника / С.А. Бедарев, О.М. Бедарева.- Калининград, 1999.- 102с.

55. Паршина Г.Н. Практический курс географии растений /Г.Н.Паршина, О.М. Бедарева.- Алматы, 1999. - 90с.

56. Бедарева О.М. Общая экология и фитоценология (тестовые задания) /О.М.Бедарева, С.К. Заостровцева, В.С. Бедарев, Л.С. Мурачева. – Калининград, 2007. - 44с.