

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАСТБИЩ

Одним из основных направлений экономики Казахстана является животноводство. Пастбища в республике занимают 66% площади. В условиях интенсивного использования пастбищ происходит их значительная трансформация и деградация. Оценка степени их нарушенности является одной из актуальных задач экологических исследований в Казахстане.

Отметим, что в настоящее время особое значение имеет составление карт антропогенной трансформации. Учет антропогенного воздействия на растительность необходимо проводить в сопоставлении с положением территории в пределах определенных природно-территориальных комплексов. Последнее связано с тем, что экологический эффект одних и тех же антропогенных воздействий на растительность зависит от природных экологических условий.

С этой целью в 1997 г. по программе AMPS¹ на основе новейших технологий для анализа состояния растительности на тестовых полигонах была выполнена методическая работа по выявлению стадий антропогенной трансформации пастбищ. Применение новых технологий дистанционного зондирования позволяет точно и оперативно устанавливать классы растительности и выявлять степень опустынивания, а также создавать и использовать карты на текущий момент времени, с целью быстрого информирования пользователей о современном состоянии территории (Берлянт, 1997). Последнее позволяет в короткие сроки реагировать на изменение растительного и почвенного покрова и предотвращать неблагоприятные процессы на самом первом этапе их развития, значительно экономя во времени и в средствах по устранению последствий опустынивания, что является актуальным для такой страны, как Казахстан, расположенной большей частью в зоне пустынь и полупустынь.

В качестве полигона для исследований была выбрана территория в пределах межгорной Илийской котловины, а именно регион подгорных равнин хребта Торайгыр, являющийся территорией интенсивного хозяйственного использования.

Выбор данной территории основывался на анализе аэрофотоснимков, которые выявили участки со значительной антропогенной нарушенностью (частое расположение зимовок, огромная сеть дорог, троп, скотопрогонов, линий водоводов, оголенных участков вокруг водоемов). Методические работы проведены на двух ключевых участках, расположенных в пределах северного (участок «Сюгаты») и южного (участок «Жаланаш») макросклонов хребта. Привязка ключевых участков к средне- и мелкомасштабным картам (Карта растительности Казахстана..., 1995), а также к схемам природного районирования позволяет экстраполировать полученные данные на большую территорию (Рачковская, Сафронова, 1994).

Интенсивное многолетнее нерациональное использование данной территории привело к значительному ее опустыниванию. В нашу задачу входила оценка

¹ Программа AMPS — Airborne Multisensor Pod System (самолетная многодатчиковая контейнерная система).

степени трансформации пастбищ, то есть индикация территорий, находящихся в различной стадии антропогенной трансформации, и показ современного состояния растительности на картографических моделях.

Методика работы состоит из следующих этапов: предполетной камеральной, включающей обработку снимков и сканерных изображений, дешифрирование, создание неконтролируемой автоматической классификации и предварительной классификации территории на ландшафтной основе; полевые исследования; постполетной камеральной этап, в который входит создание контролируемых автоматических классификаций территории¹ и систематизация эталонов изображений для создания картографических моделей.

Для анализа распределения и оценки состояния растительности на тестовых полигонах были использованы данные, полученные с широкоформатной авиационной камеры Wild Heerburg RC-30 (цветная аэрофотосъемка масштаба 1 : 14 000) и с мультиспектрального сканера Daedalus (AMS) (с двойным оптическим портом, одновременно регистрирующим до шести спектральных каналов непосредственно на 8-миллиметровую цифровую ленту, с разрешающей способностью снимка 3,5 м и диапазоном сканирования от 0,45 до 12,05 нм), установленных на самолете NRL NP-3D.

Первичный процесс обработки цифровых снимков и визуализация данных. Данные, полученные со сканера, были обработаны в специализированной компьютерной программе ENVI 3.0. Полученный со сканера цифровой снимок был предварительно привязан к топографической основе и уложен в географическую систему координат Гаусса-Крюгера (Пулково-42). Была сделана серия цветных композитных изображений на основе различных синтезов спектральных каналов. Изменение их радиоярких характеристик позволило более четко выделять отдельные объекты для визуального дешифрирования изображения.

Камеральное предполетное дешифрирование (классификация) территории. На первом подэтапе, для удобства дешифрирования и усиления контраста дешифрируемых объектов, спектральные каналы комбинировались для получения серии цветных композитных изображений. Последние были сопоставлены с топографической картой участка, что позволило создать предварительную природную классификацию (типологию) территории на ландшафтной основе. При построении данной классификации учитывалась взаимосвязь основных природных компонентов рельефа, почв, растительности. Под природной классификацией мы понимаем выделение с использованием ландшафтного подхода экосистем, или природно-территориальных комплексов (ПТК). Экосистема понимается как природно-территориальный комплекс, обладающий единством литогенной основы, определенным уровнем взаимосвязей биотических компонентов, имеющий пространственно-временную динамику и особый режим функционирования (Экосистемы Монголии, 1995). Характеристика растительности для природно-территориальных комплексов была основана на геобота-

¹ Неконтролируемая и контролируемая классификации — автоматизированный процесс численных операций, группирующий единичные элементы цифрового изображения (пиксели) в кластеры (классы) на основе их спектральных характеристик.

При проведении неконтролируемой (*unsupervised*) классификации требуется минимум входных параметров (количество искомых классов, алгоритм классификации). Основная роль исследователя заключается в том, что он *a posteriori* назначает полученным спектральным кластерам смысловые классы в соответствии с предварительно разработанной легендой (Jensen, 1966). Контролируемая классификация (*supervised*) производится по эталонным «образцам» (пикселям), полученным при полевых исследованиях и привязанных с помощью прибора GPS, что позволяет ввести такой важный для каждого класса (кластера) параметр, как среднее значение спектральной подписи. При такой классификации спектральные классы (кластеры) соответствуют природным классам окончательно принятой легенды.

нических описаниях, собранных нами ранее на данной территории, а также на картографических и литературных источниках. Наиболее значимыми признаками при дешифрировании являлись рисунок изображения, его морфологический облик, структурно-текстурные и топологические особенности (Виноградов, 1966, 1984). Данная работа (первый подэтап) не отличается от общепринятых подходов предварительного экспертного дешифрирования территории по аэрофотоснимкам и позволяет создать легенду к карте экосистем (ПТК), в которой растительность представлена как основной, физиономический информативный компонент. Предварительная легенда ПТК в крупных структурных подразделениях уже представляет каркас будущей окончательной легенды карты растительности. Например, были выделены ПТК низкогорий, увалистых предгорий, пологонаклонных равнин, плоских равнин, русел временных водотоков. Создание легенды позволило предварительно определить количество классов ПТК участка.

Второй подэтап камерального периода включает создание неконтролируемой (unsupervised) автоматической классификации (кластеризации), последняя была выполнена методом изодаты. Количество классов при этой обработке снимка соответствовало предварительной классификации ПТК. Таким образом, было получено цветное изображение — электронная карта, которая может быть названа прекартой. Прекарта отражает закономерности (рисунок) распределения определенного (заданного нами) количества классов. Сопоставление данных визуального дешифрирования композитных снимков и прекарты, полученной на основе неконтролируемой классификации, позволило лучше представить закономерности распределения (рисунок) и разнообразие растительного участка и тем самым более осмысленно подойти к ее изучению в полевой период.

Определение оптимального маршрута (плана) полевых работ. Полученная информация позволила наметить расположение точек для сбора геоботанических описаний с целью более точной интерпретации полученных классов. Для классов растительности, закономерности распределения которых сложно интерпретировать однозначно, количество точек описаний было увеличено. Кроме того, было определено предварительное количество и расположение на участке наземных контрольных точек для геометрической коррекции цифровых снимков посредством геоспутниковой информации (GPS). Как показывает наш опыт, точки на изучаемой территории должны распределяться как можно равномернее. Анализ общего расположения выделенных точек на участке позволил разработать оптимальный полевой маршрут.

Полевые исследования. В ходе их был проведен сбор данных о состоянии растительности классическими геоботаническими методами (Краткое руководство..., 1952; Работнов, 1982), но с использованием прибора GPS для привязки точек описаний. Особенно подробно изучалась динамика антропогенной трансформации растительности. При проведении работ сопоставлялись предварительные результаты дешифрирования аэрофотоснимков с наземными данными. В зависимости от полученных результатов ранее выделенные классы могли объединяться или, наоборот, разделяться на несколько независимых. По ходу полевых работ возможно установление новых классов, не выделенных на первом этапе. Количество точек описания для каждого класса могло варьировать в зависимости от однородности или неоднородности рисунка растительного покрова. Для всех новых или сложных для интерпретации классов количество точек описаний было увеличено, чтобы при контролируемой автоматизированной классификации можно было набрать достаточное количество эталонных пиксел (минимальный элемент растрового изображения снимка).

Кроме того, была собрана информация по координатам контрольных наземных точек посредством GPS, для более точной геометрической коррекции

цифрового снимка. Количество реально собранных наземных контрольных точек может варьировать как из-за сложности обнаружения на местности ранее намеченных точек, так и за счет увеличения новых контрольных точек, непосредственно в полевых условиях, при визуальном дешифрировании объекта и его привязке к местности.

Обработка полевых данных состояла из нескольких этапов.

I. На основе полученных контрольных наземных точек была сделана окончательная геометрическая коррекция цифрового снимка.

II. Была разработана классификация территории с определением точного количества выделяемых классов и закономерностей их пространственного распределения на основе собранных полевых описаний.

III. На основе экспертной оценки была проведена окончательная контролируемая автоматическая классификация методом «Махаланобиса» (Jensen, 1966) и оценена информативность полученных данных относительно совокупности наших знаний (картографические, полевые, литературные материалы) по установленным эталонам (классам растительности). Анализ полученных результатов и сопоставление их с полевыми данными позволили сделать коррекцию распределения некоторых классов за счет увеличения количества эталонных пиксел, необходимых для проведения классификации.

IV. На основе систематизации классов (кластеров) полученного классифицированного изображения были созданы различные картографические модели изучаемого участка.

Природная характеристика тестовых полигонов (ключевых участков). Хребет Торайгыр можно рассматривать как юго-восточную оконечность хребта Заилийский Алатау (система гор Северного Тянь-Шаня). Торайгыр — монолитный горный хребет с максимальными высотами в центральной части до 2413 м, который значительно вдается в обширную межгорную впадину, именуемую Илийской котловиной. Протяженность горного массива около 60 км. Он окружен предгорными равнинами, постепенно переходящими в небольшие межгорные котловины: с северной стороны — в Сягатинскую, а в юго-восточной части — в Жаланашскую. Обе входят в Илийскую котловину. Исследования проводились на двух ключевых участках.

Ключевой участок «Сюгаты» расположен в Энбекши-Казахском районе Алматинской области, в 47 км к юго-востоку от г. Чилик. Координаты: 43° 20' 44" — 43° 19' 28" с. ш. и 78° 43' 12" и 78° 45' 06" в. д. Данный участок расположен в центральной части подгорных равнин северного макросклона среднегорного хребта Торайгыр в амплитуде высот 1310—1610 м над ур. моря.

Основными формами рельефа являются низкогорья, увалистые предгорья, пологонаклонные предгорные равнины, обычно расчлененные руслами временных водотоков, и плоские равнины. Изученный участок включает два климата: предгорных остепненных пустынь (полупустынь) на бурых почвах и предгорно-горных опустыненных степей на светлокаштановых почвах. Опустыненные степи распространены только в горах и характеризуются преобладанием полынно-дерновиннозлаковых сообществ с большим или меньшим участием видов-петрофилов. Для подгорных равнин характерно безраздельное господство различных вариантов злаково-полынных сообществ.

На территории представлено три физиономических типа растительности: травянистая, низкая полукустарничковая и кустарниковая. Пастбища весенне-осенние; в отдельные годы используются и в летний период.

Второй ключевой участок «Жаланаш» расположен в Уйгурском районе Алматинской области, в 27 км к северо-северо-востоку от пос. Жаланаш. Координаты: 43° 15' 06" — 43° 13' 25" с. ш. и 78° 42' 56" и 78° 45' 03" в. д. Территория участка охватывает подгорную равнину хребта и краевую низкогорную часть массива в амплитуде высот 1360—1560 м над ур. моря.

На данной территории представлены следующие типы рельефа: низкогорья, расчлененные предгорные увалы, пологонаклонные предгорные равнины и плоские равнины. На участке получили распространение два климатипа растительности: опустыненные степи на светлокаштановых почвах и остепненные пустыни (полупустыни) на бурых почвах. В отличие от Сюгатинского участка, опустыненные степи представлены здесь более аридным центральноазиатским (джунгарским) географическим вариантом степей. В полупустынях также наблюдаются существенные различия. Здесь распространены не только разнообразные типы злаково-полынных сообществ, но и комплексы растительности на засоленных почвах с участием тасбиюргунников по расчлененным каменистым равнинам и бижюргунников по плоским глинистым равнинам.

Согласно физиономической классификации, на участке встречается три типа растительности: травянистая, низкая полукустарниковая и кустарниковая. Пастбища в основном весенне-осеннего режима использования, но при хороших погодных условиях в отдельные годы используются и летом.

Картографические модели. На территории двух вышеописанных участков создана серия карт: карта актуальной современной растительности (рис. 1, см. вклейку), карта восстановленной растительности, карта оценки антропогенной трансформации растительности (рис. 2, см. вклейку).

Карта актуальной растительности выполнена на основе смысловой геоботанической систематизации данных с помощью контролируемой автоматической классификации. Данная карта по существу является картой современной антропогенной динамики растительных сообществ и показывает изменения, произошедшие с коренной растительностью в результате перевыпаса.

Легенда к карте актуальной растительности имеет иерархическую структуру. На самом высоком уровне выделены поясно-зональные категории растительности и почв (климатипы), которые подразделяются на группы растительных сообществ, приуроченные к определенным формам рельефа (низкогорья, увалы, наклонные и плоские равнины). Подразделения рельефа, как правило, сопряжены с петрографическим составом пород и набором почвенных разностей, которые определяют состав сообществ. По существу структура легенды представляет собой многоступенчатую систему заголовков. Последнее позволяет получить представление о поясно-зональной и топологической позиции каждого картируемого подразделения. Номера легенды (№ 1—14) указывают на принадлежность контура к определенному типу естественной восстановленной растительности. Индекс при номере (1_2) показывает современную стадию антропогенной трансформации (антропогенной динамики) растительности.

Для удобства восприятия материала составлена таблица, наглядно показывающая положение каждой картируемой единицы по отношению к типу восстановленной растительности и стадиям антропогенной трансформации.

Следует отметить, что возникающие кратковременно производные сообщества в результате антропогенной трансформации сходны между собой (конвергентны) в различных динамических рядах. Однако давно известно, что физиономически сходные сообщества, возникающие на месте различных естественных сообществ, должны картироваться раздельно (Грибова, Исаченко, 1972). Это обусловлено тем, что в разных природных условиях отличны как скорость динамических процессов, так и набор мероприятий, необходимых для восстановления первичной коренной растительности.

Подразделения актуальной растительности (участок «Сюгаты»)

Классы антропогенной трансформации	Подразделения восстановленной растительности						
	горные опустыненные степи	низкогорные опустыненные степи	предгорные полупустыни	полупустыни высоких предгорий	полупустыни наклонных равнин	полупустыни плоских равнин	растительность дополнительно увлажняемых местообитаний
1. Фоновый, или слабый							11 ₁
2. Умеренный	1 ₂ , 2 ₂	3 ₂ , 4 ₂	5 ₂	6 ₂ , 7 ₂	8 ₂ , 9 ₂	10 ₂	14 ₂
3. Средний	1 ₃			6 ₃ , 7 ₃	8 ₃	10 ₃	15 ₃
4. Сильный					8 ₄	10 ₄	11 ₄ , 13 ₄
5. Очень сильный					8 ₅	10 ₅	12 ₅
6. Залежи					8 ₆	10 ₆	

**ЛЕГЕНДА КАРТЫ
АКТУАЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УЧАСТКА «СЮГАТЫ»**

СТЕПИ

Горные опустыненные степи по склонам среднегорий

1₂. Петрофитноразнотравно-полынно-осочково-типчаковые (*Festuca valesiaca*, *Carex stenophylloides*, *Artemisia sublessingiana*, *Herbae petrophytica*, *Ikonnikovia kaufmanniana*, *Lagochillus diacanthophyllus*).

1₃. Типчаково-полынные с петрофитным разнотравьем.

2₂. Злаково-петрофитнополынные с кустарниками (*Artemisia rutifolia*, *Cerasus tianshanica*, *Ephedra equisetina*) на каменистых склонах и скалах.

Горные опустыненные степи по склонам низкогорий

3₂. Сублессингиановополынно-осочково-злаковые (*Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *Artemisia sublessingiana*).

4₂. Петрофитноразнотравно-полукустарничковые со злаками (*Convolvulus tragacanthoides*, *Helianthemum soongoricum*, *Herbae petrophytica*, *Agropyron cristatum*).

Пустыни

Остепненные пустыни (полупустыни)

Высоких предгорных равнин

5₂. Типчаково-полынные (*Artemisia heptapotamica*, *A. sublessingiana*, *Festuca valesiaca*).

Увалистых глинистых предгорий

6₂. Злаково-полынные и полынно-злаковые (*Artemisia heptapotamica*, *Festuca valesiaca*, *Stipa sareptana*, *Agropyron cristatum*).

6₃. Полынные с редкими злаками.

7₂. Разреженные полынные (*Artemisia heptapotamica*).

7₃. Полынные с сорнотравьем в сочетании с голыми участками поверхности.

Пологонаклонных предгорных равнин

8₂. Злаково-полынные (*Artemisia heptapotamica*, *Agropyron cristatum*, *Stipa sareptana*).

8₃. Полынные с редкими злаками.

8₄. Полынные с однолетними солянками.

- 8₅. Сорноразнотравные сообщества около зимовок.
 8₆. Залежи старые: полосчатое чередование полынных и злаково-полынных.
 9₂. Злаково-полынные с лишайниками и кустарниками (*Artemisia heptapotamica*, *Festuca valesiaca*, *Caragana balchashensis*, *Lichenes*) на каменных террасах сухих русел.

С л а б о п о л о г о н а к л о н н ы х и п л о с к и х
 п р е д г о р н ы х р а в н и н

- 10₂. Тыршиково-полынные (*Artemisia heptapotamica*, *Stipa sareptana*, *S. richterana*).
 10₃. Полынные с редкими злаками.
 10₄. Полынные с однолетними солянками.
 10₅. Однолетнесолянковые (*Petrosimonia sibirica*, *Ceratocarpus utriculosus*).
 10₆. Залежи: сочетание полынных сообществ и однолетнесолянковых.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНО УВЛАЖНЯЕМЫХ МЕСТООБИТАНИЙ

- 11₁. Кустарниковые заросли (*Spiraea crenata*, *Lonicera tatarica*, *Rosa plathyacantha*) по ложбинам.
 11₄. Лугово-степные сообщества с кустарниками и рудеральными видами.
 12₅. Заросли рудеральных растений (*Peganum harmala*, *Artemisia dracunculus*, *Descurainia sophia*).
 13₄. Растительность по каменным руслам (*Carex stenophylloides*, *Spiraea hypericifolia*, *Festuca valesiaca*).
 14₂. Луговины.
-
15. Дороги и водоводы.
 16. Животноводческие фермы (кошары).

Карта восстановленной растительности отражает картину распределения растительности до начала интенсивного животноводческого освоения данной территории. Построение легенды к карте восстановленной растительности повторяет иерархическую структуру легенды, показывающей основные экологические параметры картируемого участка: климатипы и литолого-геоморфологические типы. Содержание номеров легенды (1—14) отражает естественную растительность, существовавшую в данных природных условиях, до значительной антропогенной трансформации региона.

**ЛЕГЕНДА КАРТЫ
 ВОССТАНОВЛЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УЧАСТКА «СЮГАТЫ»**

СТЕПИ

Горные опустыненные степи по склонам среднегорий

1. Петрофитноразнотравно-полынно-типчачковые (*Festuca valesiaca*, *Artemisia sublessingiana*, *Herbae petrophytica*) степи.
 2. Злаково-петрофитнополынные (*Artemisia rutifolia*, *A. sublessingiana*, *Agropyron cristatum*, *Festuca valesiaca*) с кустарниками (*Cerasus tianshanica*, *Spiraea hypericifolia*, *Convolvulus tragacanthoides*) на каменных почвах и скалах.

Горные опустыненные степи по склонам низкогорий

3. Сублессингиановополынно-тырсово-типчачковые (*Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *Artemisia sublessingiana*) степи.
 4. Петрофитноразнотравно-полынные и петрофитнокустарниковые сообщества (*Artemisia sublessingiana*, *Agropyron cristatum*, *Lagochillus diacanthophyllus*, *Helianthemum soongoricum*, *Convolvulus tragacanthoides*).

ПУСТЫНИ

Остепненные пустыни (полупустыни)

В ы с о к и х п р е д г о р н ы х р а в н и н

5. Полынно-типчачковые (*Festuca valesiaca*, *Artemisia heptapotamica*, *A. sublessingiana*) сообщества.

У в а л и с т ы х г л и н и с т ы х п р е д г о р и й

6. Злаково-полынные (*Artemisia heptapotamica*, *Festuca valesiaca*, *Agropyron cristatum*) сообщества.

7. Разреженные полынные (*Artemisia heptapotamica*) сообщества.

П о л о г о н а к л о н н ы х р а в н и н

8. Житняково-тырсигово-полынные (*Artemisia heptapotamica*, *Stipa sareptana*, *Agropyron cristatum*).

9. Кустарниково-злаково-полынные с лишайниками (*Artemisia heptapotamica*, *Festuca valesiaca*, *Caragana balchashensis*, *Lichenes*).

С л а б о п о л о г о н а к л о н н ы х и п л о с к и х п р е д г о р н ы х р а в н и н

10. Тырсигово-полынные (*Artemisia heptapotamica*, *Stipa sareptana*, *S. richterana*) сообщества.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНО УВЛАЖНЯЕМЫХ МЕСТООБИТАНИЙ

11. Кустарниковые заросли (*Spiraea crenata*, *Lonicera tatarica*, *Rosa plathyacantha*) по ложбинам.

12. Лугово-степная растительность с кустарниками по широким ложбинам.

13. Растительность сухих каменистых русел.

14. Луговины.

15. Дороги действующие грунтовые и водоводы.

16. Животноводческие фермы.

Карта оценки степени антропогенной трансформации растительности выполнена на основе обобщения карты актуальной растительности. Степень трансформации сообществ оценивалась по следующим критериям: структура сообществ, жизненное состояние видов, изменения в степени проективного покрытия, наличие рудеральных растений и др. (Методология оценки..., 1993).

На основании этих критериев были выделены следующие стадии трансформации растительности. *Фоновая*, естественная или слабонарушенная растительность характеризуется естественным состоянием сообществ, которые имеют полный набор доминантных и сопутствующих видов. При *умеренно нарушенной* стадии трансформации сохраняется основной состав доминантных видов, но уменьшается полнота флористического состава сообществ, наблюдается скусывание животными особо поедаемых видов. При *средней степени* трансформации значительно сокращается видовое разнообразие сообществ, сохраняются только виды, устойчивые к выпасу. *Сильная стадия* трансформации растительности характеризуется угнетением доминантного состава видов, выпадением из травостоя большинства сопутствующих видов, а также присутствием и разрастанием сорных видов растений. Для *очень сильной стадии* трансформации свойственна замена доминантных многолетних растений сорными однолетниками или многолетниками, не поедаемыми домашними животными, а также появлением участков, лишенных растений. В отдельную стадию для участка «Сюгаты» выделены *залежи*.

ЛЕГЕНДА КАРТЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ УЧАСТКА «СЮГАТЫ»

1. Фоновая естественная растительность (слабо нарушенная).
2. Умеренно нарушенная растительность.
3. Средне нарушенная растительность.
4. Сильно нарушенная растительность.
5. Очень сильно нарушенная растительность.
6. Залежи.

Исследования выявили, что на ключевых участках особенно интенсивно используются пастбища подгорных равнин, а в пределах гор — относительно широкие долины временных водотоков, служащие транзитом для прохода скота.



Рис. 3. Соотношение площадей пастбищ на разных стадиях антропогенной трансформации участков Сюгаты (вверху) и Жаланаш.

макстремально изменено 22% территории на участке «Сюгаты» и 39% на участке «Жаланаш». Улучшение состояния этих пастбищных угодий требует больших усилий, в первую очередь финансовых вложений на фитомелиорацию, а также значительного времени. В целом антропогенное опустынивание растительного покрова на участке «Жаланаш» большее, чем на участке «Сюгаты». Отметим, однако, что на Сюгатинском участке 19% территории было распаханно и сейчас находится в стадии восстановления. Процесс этот в условиях перевыпаса идет медленно.

Соотношение площадей по степени трансформации в общих чертах соответствует современному состоянию растительного покрова на подгорных равнинах соответственно северного и южного макросклонов гор Торайгыр.

Таким образом, использование описанных выше технологий дало возможность качественно и количественно оценить современное состояние растительности пастбищных угодий. Это показывает необходимость применения новейших технологий дистанционного зондирования, позволяющих создавать и использовать карты в реальном или в близком к реальному масштабе времени с целью быстрого информирования пользователей о современном состоянии растительности.

Отработка методики на ключевых участках позволит сокращать до минимума полевое обследование обширных регионов.

ЛИТЕРАТУРА

- Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. М., 1997. 60 с. —
 Виноградов Б. В. Аэрометоды изучения растительности аридных зон. М.; Л., 1966. 361 с. — Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М., 1984. 320 с. — Грибова С. А., Исаченко Т. И. Картиро-

вание растительности в съемочных масштабах // Полевая геоботаника. Т. IV. Л., 1972. С. 137—330. — Карта растительности Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). М. 1 : 2 500 000 / Гл. ред. Е. И. Рачковская. М., 1995. — Краткое руководство для геоботанических исследований. М., 1952. 190 с. — Методология оценки состояния и картографирования экосистем в экстремальных условиях. Пушкино, 1993. 202 с. — Работнов Т. А. Фитоценология. М., 1982. 279 с. — Рачковская Е. И., Сафранова И. Н. Новая карта ботанико-географического районирования Казахстана и Средней Азии в пределах пустынной области // Геоботаническое картографирование 1992. СПб., 1994. С. 33—49. — Экосистемы Монголии: Распространение и современное состояние. М.: Наука, 1995. 223 с. — Jensen J. R. Introductory digital image processing. Remote sensing perspective. Upper Saddle River, New Jersey, 1996. 316 p. — Richards J. A. A remote sensing digital image analysis. Berlin, 1994. 340 p.

SUMMARY

*E. I. RACHKOVSKAYA, S. S. TEMIRBEKOV,
R. E. SADVOKASOV*

APPLICATION OF REMOTE SENSING METHODS FOR ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF RANGELANDS

Capabilities of the remote sensing methods for making maps of actual and potential vegetation, and assessment of the extent of anthropogenic transformation of rangelands are presented in the paper. Study area is a large intermountain depression, which is under intensive agricultural use. Color photographs have been made by Aircraft camera Wild Heerburg RC-30 and multispectral scanner Daedalus (AMS) digital aerial data (6 bands, 3.5m resolution) have been used for analysis of distribution and assessment of the state of vegetation. Digital data were processed using specialized program ENVI 3.0. Main stages of the development of cartographic models have been described: initial processing of the aerial images and their visualization, preliminary pre-field interpretation (classification) of the images on the basis of unsupervised automated classification, field studies (geobotanical records and GPS measurements at the sites chosen at previous stage). Post-field stage had the following sub-stages: final geometric correction of the digital images, elaboration of the classification system for the main mapping subdivisions, final supervised automated classification on the basis of expert assessment. By systematizing clusters of the obtained classified image the cartographic models of the study area have been made. Application of the new technology of remote sensing allowed making qualitative and quantitative assessment of modern state of rangelands.

ЛИТЕРАТУРА

- Берлянт А. М.* Геоинформационное картографирование. М., 1997. 60 с.
- Виноградов Б. В.* Аэрометоды изучения растительности аридных зон. М.; Л., 1966. 361 с.
- Виноградов Б. В.* Аэрокосмический мониторинг экосистем. М., 1984. 320 с.
- Грибова С. А., Исаченко Т. И.* Картирование растительности в съемочных масштабах // Полевая геоботаника. Т. IV. Л., 1972. С. 137—330.
- Карта* растительности Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). М. 1 : 2 500 000 / Гл. ред. Е. И. Рачковская. М., 1995.
- Краткое руководство* для геоботанических исследований. М., 1952. 190 с.
- Методология* оценки состояния и картографирования экосистем в экстремальных условиях. Пущино, 1993. 202 с.
- Работнов Т. А.* Фитоценология. М., 1982. 279 с.
- Рачковская Е. И., Сафронова И. Н.* Новая карта ботанико-географического районирования Казахстана и Средней Азии в пределах пустынной области // Геоботаническое картографирование 1992. СПб., 1994. С. 33—49.
- Экосистемы Монголии: Распространение и современное состояние.* М.: Наука, 1995. 223 с.
- Jensen J.R.* Introductory digital image processing. Remote sensing perspective. Upper Saddle River, New Jersey, 1996. 316 p.
- Richards J. A.* A remote sensing digital image analysis. Berlin, 1994. 340 p.