



УДК 551.4:91
ББК 26.82

КАРТОГРАФО-ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К.Н. Кулик

Представлены теоретические и практические аспекты геоинформационного обеспечения в ландшафтно-экологических и агролесомелиоративных исследованиях. Рассмотрено компьютерное математико-картографическое моделирование агролесоландшафтов как способ современных комплексных исследований.

Ключевые слова: *аэрокосмическая фотоинформация, агролесомелиоративное обустройство, математико-картографическое моделирование, деградация земель, агролесомелиорация, агроландшафты, лесные насаждения.*

Применение компьютерных технологий на основе современных программных и аппаратных средств, таких как: системы глобального позиционирования (GPS и Глонас), различные геоинформационные системы, в том числе и доступные в сети Интернет, – позволяет говорить о новой ситуации в ландшафтной экологии и агролесомелиорации [1].

За последние годы получили развитие системы дистанционного зондирования, значительно улучшились характеристики систем оптической съемки, стала доступной регулярная цифровая съемка высокого разрешения со спутников IRS (Индия) с пространственным разрешением 6 м и 23 м, Aster – 15–30 м, Landsat – 15–30 м, Quick Beard – 1,6–2,4 м (США) и др. При этом космоснимки с пространственным разрешением до 15 м, при использовании для решения агролесомелиоративных задач, не уступают по качеству аэрофотоснимкам. Большие возможности открываются при доступе к данным высокого разрешения со спутника Quick Beard, которые доступны для отдельных районов России.

Наличие собственного архива аэрокосмоснимков во ВНИАЛМИ, возможность получения космоснимков высокого разрешения,

использование их для проведения экспериментальных работ, необходимое программное обеспечение, внедрение системы GPS для прецизионной привязки координат обеспечило возможность точного (координатного) подхода к технологиям координатного агролесомелиоративного обустройства ландшафтов.

Концепция агролесомелиоративного обустройства на основе интеграции достижений аэрокосмических исследований и компьютерного картографирования предполагает использование методологии картографо-аэрокосмического мониторинга деградированных земель. В рамках этого подхода предполагается составление математико-картографических моделей ландшафтов в трех пространственно-временных срезах: восстановленных (доземледельческих), современных деградированных и фито-, лесомелиорированных с прогнозом динамики деградационных процессов в перспективе [3].

В целом методология координатной агролесомелиорации предполагает: камеральное дешифрирование среднемасштабных аэрокосмических снимков ландшафтов (М 1 : 10 000 – 1 : 100 000) при разрешении до 30 м; камеральное и полевое дешифрирование крупномасштабных аэрокосмических снимков лесомелиоративных объектов (до М 1 : 10 000) при разрешении до 10 м; полевое дешифрирование аэрокосмических снимков высокого разрешения (до 3 м) точечных объектов (фрагментов лесных полос, биогрупп деревьев).

При этом необходимо на всех этапах проводить полевое эталонирование снимков с выборочными исследованиями на калибровочных ключевых участках, анализ разновременных аэрокосмоснимков и материалов более ранних годов наблюдений, составление тематических космофотокарт исследуемой области по видам мелиорации, корректировку координат при помощи системы GPS, составление ландшафтных планов лесомелиорации земель.

Многопараметрический картографический анализ делает возможным синтез информационных потоков, позволяет проанализировать наиболее важные процессы, изучить взаимосвязь и взаимозависимость, динамику и развитие во времени и пространстве, установить тенденцию развития и прогноз будущих состояний ландшафтов. Использование современных компьютерных программ для выполнения многопараметрического анализа позволяет обобщить значительную по объему информацию, ускорить и уточнить необходимые расчеты, а также привязки карт и аэрокосмических фотоснимков.

Компьютерные модели дискретных объектов в составе агролесоландшафтов представляют собой или мгновенный, зафиксированный набор параметров, характеризующих их текущее состояние, выраженный в табличной и цифровой картографической форме, или прогнозно-динамическую интерпретацию развития процессов, которая реализуется в рамках пространственно-временной аппроксимации вариации таких параметров.

Цифровая картографическая модель включает растровую (аэрокосмическое изображение) и топографическую (карта) модели местности, изолинейные модели растительности и рельефа, почвенную модель, векторную модель крутизны и экспозиции склонов и трехмерную модель рельефа.

Построение модели ландшафта основано на использовании нескольких источников информации, а именно: аэрокосмофотоснимка участка поверхности, ландшафтной карты, топографической карты на этот же участок поверхности, почвенной карты, карты растительности и др., а также данных GPS обследования модельных точек с уточнением их топографических координат и отметок высот.

Аэрокосмофотоснимки рассматриваются как основной источник данных для моделирования состояния ландшафта, при этом сам снимок, представленный в оцифрованном виде, уже является растровой моделью поверхности. В связи с этим задачей исследователей является извлечение и дешифрирование данных, носителем которых он является.

Важным для определения сельскохозяйственной пригодности земель и разработки агролесомелиоративных планов защиты полей от эрозии является моделирование крутизны склонов, которое осуществляется для оценки эрозионной опасности рельефа и используется при построении соответствующего картографического слоя синтезированной модели ландшафта. В результате моделирования разрабатывается векторная модель протяженности и крутизны склонов, наглядно показывающая наиболее эрозионно-опасные участки рельефа.

Таким образом, компьютерное математико-картографическое моделирование агролесоландшафтов включает:

- систематизированное компьютерное дешифрирование аэрокосмоснимков;
- обработку атрибутивных, топологических и типологических данных, полученных в результате компьютерного дешифрирования;
- создание и систематизацию математических зависимостей, определяющих статические и динамические характеристики ландшафтных объектов в пространственном и временном аспекте;
- создание цифровых тематических картографических форм, являющихся наглядной моделью ландшафта;
- создание цифровой картографической модели агролесоландшафта.

В РФ в процессе перераспределения земель при аграрной реформе и условиях сложного экономического положения страны происходит стихийное упорядочение землепользования. Земли, распаханые в 1954–1965 гг. в силу директивных указаний правительства для экстенсивного увеличения производства зерна и не обладавшие с самого начала высоким плодородием или потерявшие его вследствие истощительного земледелия, переводятся в пастбища, сенокосы, залежь из-за убы-

точности земледелия на них. Таких деградированных земель только в Волгоградской области 226,1 тыс га, или 2,8 % от общей площади сельхозугодий.

Очевидно, коль скоро государство решилось идти по пути коренных преобразований в аграрном секторе, оно должно быть готово ко всем последствиям этого шага, в том числе к сокращению в перспективе площади пашни за счет значительного, до уровня среднеевропейских величин, роста урожайности сельскохозяйственных культур в оптимальных по природно-климатическим условиям регионам; к соответствующему увеличению площади земель, предназначенных для обеспечения нормального функционирования природных экосистем, рекреации. По мировым стандартам площадь таких земель должна составлять около 10 % общей территории. Согласно оценкам некоторых отечественных исследователей, на юге РФ эта доля равняется 35 %. По проработкам «Волгоградгражданпроекта» площадь земель, составляющих так называемый экологический каркас территории, зеленые зоны городов, курорты и пр., должна быть равна 19 % от общей территории, в том числе 1,3 % – ядра концентрации биоты с максимально жестким природным статусом. Идеология землепользовательского планирования на сельскохозяйственных землях Волгоградской области опирается на следующие положения:

- первоочередное развитие наиболее выгодных экономических отраслей АПК, расширение посевов ценных сельскохозяйственных культур с учетом специализации региона в системе общероссийского разделения труда;
- максимально эффективное использование для земледелия территорий с наиболее благоприятными природно-климатическими условиями и исключение маргинальных земель из пашни;
- обеспечение нормального функционирования природных ландшафтов и агроландшафтов, создание оптимальных условий для жизни населения (достижение максимальной комфортности окружающей среды).

Аридная зона в границах РФ – территория, периодически подвергающаяся опусты-

ниванию (деградации) в форме дефляции, засоления и эрозии в различных сочетаниях. В пору кочевого скотоводства она страдала от пастбищной деградации и бескормицы с периодичностью 100–200 лет. Две последние вспышки современной антропогенной деградации произошли с интервалом в четверть века. Первую из них обусловили широкомаштабные работы, связанные с распашкой целинных земель в 50–60-х годах, а вторую – комплекс неадаптированных действий по интенсификации аграрного производства в условиях периодической аридизации климата в 70–80-х годах минувшего столетия. В настоящее время просматриваются контуры третьей вспышки деградации агроландшафтов, которая зарождается в результате практически бесконтрольного, непрофессионального и истощительного использования земель, выделяемых акционерным обществам, фермерам и другим хозяйственным формациям, стремящимся получать максимальную прибыль без адекватного вклада в поддержание и наращивание агресурсного потенциала используемых земель.

Практическое применение предлагаемого способа прогнозно-динамического картографирования и моделирования пастбищных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия показали его высокую эффективность и результативность [2]. Общая обследованная площадь превысила 4,4 млн га. По результатам этого обследования составлена космофотокарта деградации растительного травянистого покрова на исследуемой территории, на которой выделены цветом участки пастбищ с различным уровнем деградации. При этом к сильно деградированным участкам, требующим специальных, точно ориентированных по почвенным и растительным условиям планов восстановления, можно отнести уголья, занимаемые в настоящее время подвижными (открытыми) песками, сильносбитыми пастбищами и солончаками, что составило 1,4 млн га. Минимальные потери сухой поеданной массы на этих пастбищах составляют 467,5 тыс. тонн.

Умеренно- и среднесбитые пастбища составляют площадь 1 227,8 тыс. га. На данных территориях необходимо проведение фитомелиоративных мероприятий для восста-

новления экологического баланса и проективного растительного покрытия. По расчетным данным ежегодные минимальные потери урожая составляют 86 тыс. тонн сухой поедаемой массы. Общие средние потери от деградации всех пастбищных угодий на территории Астраханской области составляют 657 тыс. тонн сухой поедаемой массы.

В наибольшей мере (18,4 из 28,9 млн га, 63,7 % всей площади) деградировали пастбища. В Дагестане и Калмыкии практически вся пастбищная территория относится к категории опустыненной, 25–30 % которой – к сильно опустыненной. Потери годичной кормовой продуктивности составляют 1,2 млн тонн кормовых единиц.

На опустыненных землях аграрная деятельность (и полеводство, и животноводство, включая овцеводство) в целом несколько сократилась. Масштабы и формы сворачивания сельскохозяйственного землепользования зависят от географии и степени деградированности угодий. Например, в эпицентре опустынивания – в Калмыкии и Дагестане, где пастбища занимают 80 % сельхозугодий, – пастбищное природопользование приобрело оазисный характер. Здесь, наряду с уцелевшими, удаленными от населенных пунктов природными пастбищами, эффективно используются бывшие очаги опустынивания, трансформированные по технологиям ВНИАЛМИ в лесопастбища. Стабильно продуцирующие зоотехнически комфортные лесопастбища обеспечили увеличение численности овцепоголовья в ряде хозяйств Калмыкии. Вместе с тем зарождаются новые очаги деградации на равнинных районах Дагестана не мелиорированных лесонасаждениями, где нагрузка овец порой достигает 20–25 голов/га.

По данным Богдинской НИАГЛОС ВНИАЛМИ в Астраханской области пахотные угодья, пострадавшие от совместного проявления нескольких форм деградации, используются выборочно частными лицами (временными мигрантами из азиатской части СНГ) и местными мелкими предпринимателями. Например, в Харабалинском районе на территориях, подвергшихся слабой и средней деградации в форме дефляции и засоления, получило распространение «кочевое» мелкооазисное земледелие. При этом выбирают участки в местностях с развитой дорожной се-

тью и наличием пригодных для орошения водных источников (речные протоки, каналы, озера). На таких участках устраивают временные оросительные системы и выращивают овощные культуры с применением удобрений. Эти земли эксплуатируют 1–2 года, после чего оросительная сеть переносится на другие территории, где можно оправдать вложенные затраты, а брошенные земли зарастают сорняками с участием карантинных растений. Вместе с тем в других аридных регионах продолжает сокращаться площадь используемых орошаемых земель. Так, по имеющимся сведениям в юго-восточных районах Ставропольского края эксплуатируется только 50–70 % орошаемых земель, а остальная их площадь используется под выпас.

В борьбу с опустыниванием периодически включалось и царское, и советское правительство, предусматривая при этом комплексные мелиорации южных территорий России. Среди реализованных крупных проектов особое место принадлежит и частично осуществленному Государственному плану преобразования природы с одним из его главных звеньев – защитным лесоразведением на хрупких аридных территориях. Аналогичные планы были разработаны, реализованы и осуществлены в Индии, Канаде и особенно эффективно в Китае. Однако в настоящее время в России не находится весьма скромных, в сравнении с другими затратами, средств на продолжение и завершение таких работ в ее охваченном деградацией аридном поясе.

Применяемая методика апробирована на ландшафтах-аналогах. Осуществлено картографирование Убсу-Нурского аймака (северо-западная Монголия) на основании дистанционной спутниковой информации по фотоснимкам 2005 г. с разрешением 30 м.

Разработаны две цифровые электронные карты, представленные в двух масштабах – 1 : 400 000 и 1 : 1 250 000. Одна из карт – обзорная, с исходной фотоинформацией об объекте – выполнена с наложением на оцифрованную топографическую основу. Вторая карта – уровней деградации – разработана по оригинальной методике ВНИАЛМИ и представляет собой карту поверхности аймака с выделением цветами зон, отнесенных к различным уровням деградации. Деградация

определена по интегральному признаку – значению фототона изображения, который показывает состояние проективного покрытия почвенного покрова. Очаги деградации и засоления почв аймака выделены различным цветом для удобства визуального определения их положения на местности.

В анализе не учитываются горные области и поверхности, покрытые облачностью (в нашем случае облака находятся в горных областях, поэтому исключение этих площадей из анализа не оказывает существенного влияния на общий результат исследования), эти площади не рассматривались как деградированные.

Аэрокосмическая фотоинформация – незаменимый источник для оценки лесонасаждений. Космоснимки отбираются с покрытием облачностью не более 5 %, масштаба 1 : 50 000 с разрешением 6 м (спутник IRS-5) или снимки масштаба 1 : 12 500 с разрешением 2,44 м (спутник Quick Bird). При визуальном анализе изображения выделяется и обозначается контуром территория, занимаемая кулисными насаждениями. Прямоугольное выделение полога отдельной кулисы или рядов с сомкнувшейся кроной по максимальной ширине кроны позволяет определить количество пикселей и средний фототон для полога ряда (рядов) деревьев. Фотоэталон уровня деградации «Норма» устанавливается по специально выбираемому участку полога с наибольшей равномерностью значений тона. При этом за эталонное значение принимается диапазон от минимального до максимального значения фототона на этом участке. Степень деградации можно определить по относительной плотности полога древостоя, выраженную отношением площади полога к площади всего насаждения.

Количество пикселей, приходящееся на площадь полога, может быть определено по гистограмме полного изображения насаждения путем суммирования всех пикселей, совпадающих по фототону с диапазоном шкалы фототона, отнесенному к пологу. Для установления диапазона фототона, который соответствует изображению полога, на эталонном изображении выделяется сомкнутый полог одного эталонного ряда или нескольких рядов.

Критерием деградации древостоя можно считать отношение количества пикселей, вхо-

дящих в заданный диапазон фототона, соответствующий уровню деградации «Норма», к общему количеству пикселей прямоугольного выделения эталонного полога насаждения, заведомо находящегося в состоянии «Норма».

Критерий относительной площади устанавливает соотношение площади горизонтальной проекции полога древостоя, находящегося в состоянии «Норма», ко всей проектной площади исследуемого насаждения полога. Это позволяет учитывать потери площади полога, выявлять и оценивать его сохранность. Фотоэталонирование крон отдельных деревьев или однорядных насаждений производится по космофотоснимкам разрешением до 2,5 м или космофотокартам масштабом до 1 : 12 500. Для автоматизированного, компьютерного расчета уровня деградации насаждений «Норма», «Риск», «Кризис», «Бедствие» применяется разработанный критерий относительной площади полога. Визуальное дешифрирование по фотоэталонам производится методом выбора из таблиц изображения, наиболее подобного исследуемому объекту, для чего применяются разработанные фотоэталонные.

Для оценки состояния лесов и лесных насаждений в особых экологических условиях проведены исследования в Волго-Ахтубинской пойме в пределах Волгоградской области. Составлена космофотокарта деградации лесов, определены уровни деградации древостоев, проведена оценка уменьшения площадей, занятых лесом. В работе использовались данные спутника IPS съемки 2006 г. с разрешением снимка 10 м.

Результаты обследования пойменных лесов показали существенное, – более 2 тыс. га, по сравнению с данными 1981 г., сокращение особо ценных дубрав. Местами наблюдается гибель древостоя на корню и усыхание вершин. И только 48,6 % древостоя, или 7 912 га, находились на момент съемки в хорошем состоянии. В 2007 г. в пойме на фоне сухого периода повреждены пожарами дубравы, находившиеся в удовлетворительном состоянии. Это привело к ухудшению общего состояния лесов.

Обобщенная система компьютерного моделирования и, в частности, картографирования деградации лесных насаждений на основании периодического аэрокосмического мониторинга с использованием принципа пространственно-

временного подобия дает возможность не только оценить сохранность и текущее состояние, но и на основании регрессионного анализа многолетнего тренда прогнозировать динамику деградации лесных насаждений. Применение разработанных критериев сохранности насаждений обеспечивает переход от экспертного дешифрирования сохранности защитных лесных насаждений к компьютерному с одновременным картографированием и моделированием деградации, как в пространственном, так и во временном аспекте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В. Г. Юферев [и др.] – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.
2. Методические указания по дистанционному эколого-экономическому мониторингу аридных пастбищ на основе ГИС-технологий. – М. : Россельхозакадемия, 2009. – 38 с.
3. Рулев, А. С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации / А. С. Рулев. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2007. – 160 с.

CARTOGRAPHIC-GEOINFORMATION SUPPORT LANDSCAPE-ECOLOGICAL RESEARCH

K.N. Kulik

The theoretical and practical aspects of geo-information providing in landscape-environmental and agroforestry research are presented. Computational mathematic-cartographic modeling the agroforest landscapes as a way for contemporary complex research is considered.

Key words: *aerospace photos information, agroforestry arrangement, mathematic-cartographic modeling, lands degradation, agroforestry, agriculture landscape, forests.*