

DOI 10.35264/1996-2274-2019-3-44-63

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И ИСТОРИЧЕСКИХ КАРТ В ИСТОРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. ЛИТЕРАТУРА, МЕТОДЫ, КЕЙСЫ

Д.С. Жуков, доц. Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, канд. ист. наук, доц., *ineter natum@mail.ru*

С.К. Лямин, доц. Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, канд. ист. наук, доц., *laomin@mail.ru*

К.С. Кунавин, ст. преп. Тамбовского государственного университета им. Г.Р. Державина, канд. ист. наук, доц., *kunavinks@gmail.com*

Рецензент: В.В. Канищев

Задача исследования – рассмотреть методологические наработки экологической истории (включая некоторые методики смежных дисциплин), которые могут быть заимствованы и адаптированы для исторических изысканий. Представлен обзор литературы, в которой исторические карты и материалы аэрофотосъемки использованы для историко-экологических реконструкций. Изучены ключевые подходы и инструментарий подобного рода исследований и изложены в качестве примеров некоторые конкретно-предметные работы. Анализ и сопоставление исторических карт, материалов аэрофотосъемки, полевых исследований и некартографических исторических источников – мощные инструменты реконструкции исторической динамики ландшафтов. Такой анализ является значимым поставщиком сведений, необходимых для понимания эволюции среды обитания и для выявления движущих, в том числе антропогенных, сил ее развития. В исторических изысканиях исследовательская оптика перефокусируется с изменений ландшафта на изучение человеческой жизнедеятельности во взаимодействии с изменяющейся средой обитания. Авторы делают вывод, что подобного рода подход обещает быть эвристически продуктивным.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, ортофотоплан, историческая карта, ландшафт, история.

EXPERIENCE IN USING AERIAL PHOTOGRAPHY AND HISTORICAL MAPS IN HISTORICAL RESEARCH. LITERATURE, METHODS, CASES

D.S. Zhukov, Associate Professor, G.R. Derzhavin Tambov State University, Doctor of Historical Sciences, *ineter natum@mail.ru*

S.K. Lyamin, Associate Professor, G.R. Derzhavin Tambov State University, Doctor of Historical Sciences, *laomin@mail.ru*

K.S. Kunavin, Senior Lecturer, G.R. Derzhavin Tambov State University, Doctor of Historical Sciences, Associate Professor, *kunavinks@gmail.com*

The objective of the study is to look into the best practices of environmental history in terms of methodology (including some interdisciplinary methods) – ones that can be adopted and adjusted for historical research. A review of literature is presented in which historic maps and the data of aerial photography are used for historical and environmental reconstructions. Key approaches and methods of such research are examined; and some case studies carried out with the implication of these methods are outlined as examples. An analysis and comparison of historic maps, modern data of aerial

photography, field surveys and non-cartographic historical evidence is a powerful tool for reconstructing the historical dynamics of the landscapes. Such an analysis is a major provider of the information necessary to understand the evolution of the environment and to reveal the driving force – including anthropogenic ones – of its development. In historical studies, the research lens is refocused from the landscape to the study of human activity interacting with the changing environment. The authors conclude that this sort of an approach is supposed to be heuristically effective.

Keywords: aerial photography, orthophotomap, historical map, landscape, history.

Одна из ключевых проблем истории — разъяснение механизмов, закономерностей и результатов воздействия человека на окружающую среду, в частности на ландшафт, и наоборот — воздействия среды на социальные процессы.

Новейшими инструментами для решения подобного рода проблем являются изучение и сопоставление исторических карт, иных исторических сведений о ландшафте и данных аэрофотосъемки.

Долгое время этот инструмент не привлекал внимания историков. Исторические карты, безусловно, использовались в качестве информативного источника, однако основные сведения, которые извлекались из них, касались не собственно ландшафта, а политических, владельческих границ и иного рода сугубо антропогенных объектов или хозяйственно-экономических ресурсов. Аэрофотосъемка активно привлекается для археологических изысканий (напр., [1]), но не для исследований нового и новейшего времени.

Тем не менее существует довольно обширная литература, посвященная методам анализа исторических карт и данных аэрофотосъемки. Создана эта литература не в рамках истории человеческого общества, а в рамках истории экологии, т.е. не историками, а экологами, географами, биологами и представителями смежных естественных наук.

Поэтому историки на этом новом для них методологическом поле оказываются вовсе не первопроходцами и могут заимствовать наработки коллег. Необходимо отметить, что коллегии, изучая фото- и картографические материалы, не выполняли работу историков, а преследовали свои собственные цели. Иначе говоря, их усилия — и в содержательном, и в методическом плане — были сфокусированы на изменениях ландшафта, а не на жизни людей.

Однако с определенного момента ключевым фактором изменения ландшафта стал именно антропогенный фактор. Соответственно, вне зависимости от задач конкретных исследований этот фактор фиксировался и интерпретировался. И именно этот фактор находится в центре внимания историков. Поэтому методологические наработки экологической истории и смежных дисциплин вполне могут быть заимствованы для исторических изысканий. Для этого необходимо как минимум перефокусировать исследовательскую оптику истории экологии — со среды, в которой, среди прочего, живет и действует человек, на человека, который живет и действует в некоторой среде.

Задачей данной работы является обзор литературы, в которой исторические карты и материалы аэрофотосъемки использованы для историко-экологических реконструкций. Мы также рассмотрим ключевые методологические подходы и инструментарий подобного рода исследований и изложим в качестве примеров некоторые конкретно-предметные исследования, выполненные в рамках этой методологии.

Сопоставление исторических карт: подходы и литература

Сопоставление исторических карт — метод, являющийся, в сущности, довольно простым, — связан в большинстве случаев со значительными техническими сложностями. Во-первых, наложение старых карт и их привязка к координатам в геоинформационной системе (ГИС) — задача нетривиальная. Во-вторых, сравнение карт предусматривает, что одни и те же объекты на разных картах должны быть идентифицированы как тождественные. Поэтому необходимо разработать единую для всех карт классификацию объектов. Для этого требуется, как правило, скрупулезное историческое исследование, охватывающее несколько периодов.

Составление такой полной классификации может потребовать привлечения дополнительных исторических источников. Однако во многих случаях интерес для исследователя представляют не все, а лишь отдельные объекты на разных картах. Поэтому задача сводится к тому, чтобы обнаружить и вычленить целевые объекты. Пример такого подхода можно найти в [23]. Авторы проанализировали эволюцию основных дюн бывшего Гуанартемского дюнного поля (Канарские о-ва, Испания) в течение XVIII в. (рис. 1). В более позднее исследование по тому же дюнному полю [24] было вовлечено 11 исторических карт за период с 1834 по 2012 г.

Средствами ГИС, таким образом, можно не только визуализировать историческую динамику интересующих объектов, но и получить ее точное – численное – описание. Более детально эти вопросы рассмотрены в обзоре [25].

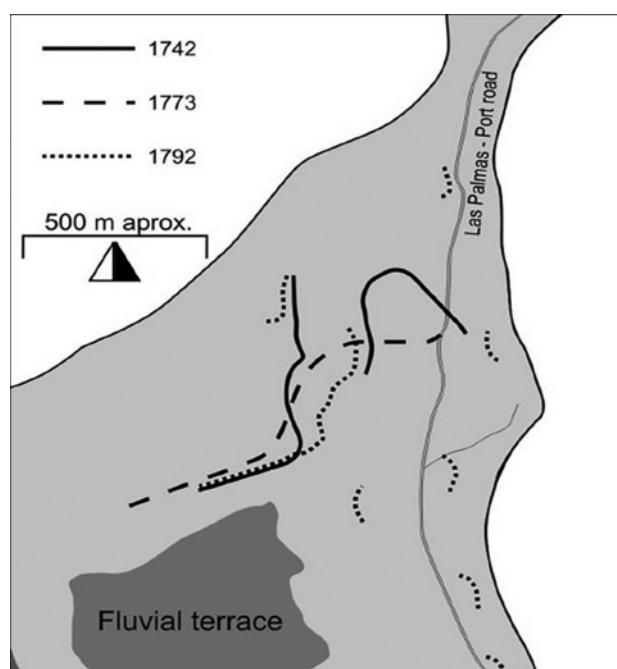


Рис. 1. Основные дюны Гуанартемского дюнного поля
в течение XVIII в. [23]

Аналогичные приемы можно обнаружить и во множестве других исследований, посвященных различным предметам, например историческим картам Саксонии [12], моделям расселения в Южной Палестине [15], изменениям ландшафта за последние 60 лет в итальянских Альпах [30].

В [17] рассматривается конфликт между эксплуатацией полезных ископаемых и охраной природы в пойме р. Морава близ г. Товачов (Центральная Моравия, Чехия). Итальянские исследователи в [21] изучили динамику ландшафтов Соррентийского п-ова на основе исторических карт за период более 200 лет (сравнение было сделано по четырем картам – 1817, 1875, 1960 и 2006 гг.). В работах ряда чешских исследователей выявляются категории земель (прежде всего леса) и прослеживается изменение площади этих категорий [26, 27].

Поскольку хронологические рамки многих подобных исследований доходят до 2000-х или 2010-х гг., то исследователям представляется логичным взять в качестве последнего сравниваемого элемента современный ортофотоплан. При этом возникает несколько вопросов,

в частности: что именно зафиксировала аэрофотосъемка; как сопоставить объекты на ортофотоплане с объектами на исторических картах. Эти вопросы мы отчасти рассмотрим далее.

Подходы к ручной интерпретации материалов аэрофотосъемки

Из двух типов аэрофотосъемки – вертикальной и косой – нас интересует главным образом вертикальная. Как отмечают Дж. Морган и коллеги [20], в аэрофотосъемке соучаствуют две тесно связанные дисциплины с четкими конечными целями – фотограмметрия и интерпретация аэрофотоснимков: «Фотограмметрия связана с получением исключительно точных количественных измерений с помощью аэрофотоснимков, в то время как фотографическая интерпретация (или интерпретирующая фотограмметрия) больше фокусируется на распознавании, идентификации и установлении значимости признаков на фотографиях» [20]. Фотограмметрия как техническая дисциплина останется вне рамок нашего обзора. Обычно историки и экологи имеют возможность работать с готовыми результатами аэрофотосъемки – в лучшем случае с ортофотопланами. Поэтому мы сосредоточимся на методах интерпретации. Помимо ручной интерпретации, развиваются методы автоматической – компьютеризированной – идентификации образов на аэро- и спутниковых снимках. Тем не менее ручная интерпретация сохраняет значимость и показывает весьма качественные результаты. Определенным недостатком ручной интерпретации является необходимость привлечения высокопрофессиональных специалистов. Кроме того, этот метод в значительной степени зависит от личного опыта и знаний интерпретатора, а также от его представлений о том, чего следует ожидать на данном участке [20]. Однако субъективность ручной интерпретации компенсируется высокой способностью человека различать разного рода сложные нетривиальные образы. Сравнение разных подходов к интерпретации представлено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные преимущества и недостатки ручной интерпретации аэрофотоснимков, пиксельного анализа и объектной классификации [20]

| Тип | Преимущества | Недостатки |
|-----------------------------------|---|--|
| Ручная интерпретация | <ul style="list-style-type: none"> – Может быть довольно точной; – требует лишь небольшой подготовки изображения; – комплексный подход, использующий человеческие знания для принятия рациональных решений; – хорошо развитая дисциплина | <ul style="list-style-type: none"> – Зависимость от субъективного мнения и опыта интерпретатора; – кропотливая и дорогостоящая работа; – возможна несовместимость подходов разных интерпретаторов; – нехватка хорошо обученных и опытных интерпретаторов; – стандарты точности сильно различаются |
| Пиксель-ориентированные методики | <ul style="list-style-type: none"> – Системный подход; – совместимость разных методик; – воспроизводимость результатов; – имеется множество эффективных и доступных программ; – способы оценки точности хорошо разработаны | <ul style="list-style-type: none"> – Произвольная единица анализа (пиксель); – имеется тенденция к использованию только спектральной информации; – менее подходят для анализа изображений с высоким пространственным разрешением; – могут давать «крапчатые» результаты |
| Объектно-ориентированные методики | <ul style="list-style-type: none"> – Системный подход; – совместимость разных методик; – воспроизводимость результатов; – возможность рассматривать несколько масштабов; – хорошо имитируют человеческое восприятие объектов; – используют атрибуты, важные для ландшафтного анализа (тон, форма, размер, текстура, контекст) | <ul style="list-style-type: none"> – Идентификация объекта сложна и может привести к неожиданным результатам; – меньшая доступность программного обеспечения; – лучше подходят для изображений с высоким пространственным разрешением; – объектно-ориентированные процедуры оценки точности менее развиты |

Ручная интерпретация сводится к двум операциям: 1) определение границ полигонов (областей с аналогичными свойствами) на ортофотоплане; 2) классификация полученных полигонов (иначе говоря, выявление того, что, собственно, представляет собой на местности тот или иной полигон). Подобного рода операции выполняются с помощью программного обеспечения для ГИС, где на отдельном слое (или слоях) вычерчиваются полигоны, которые затем классифицируются.

Примеры результатов ручной интерпретации представлены на рис. 2 и 3.

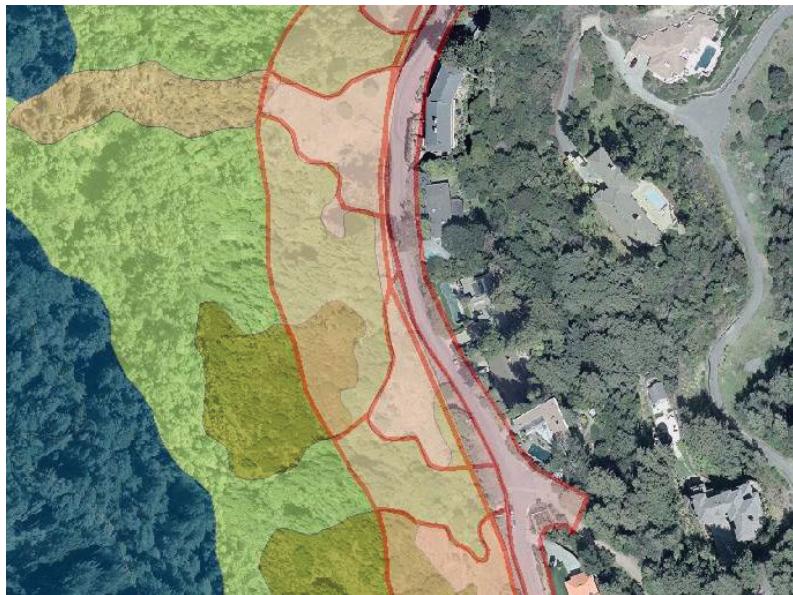


Рис. 2. Создание полигонов, маркирующих территории с разными видами растительности и землепользования [29]

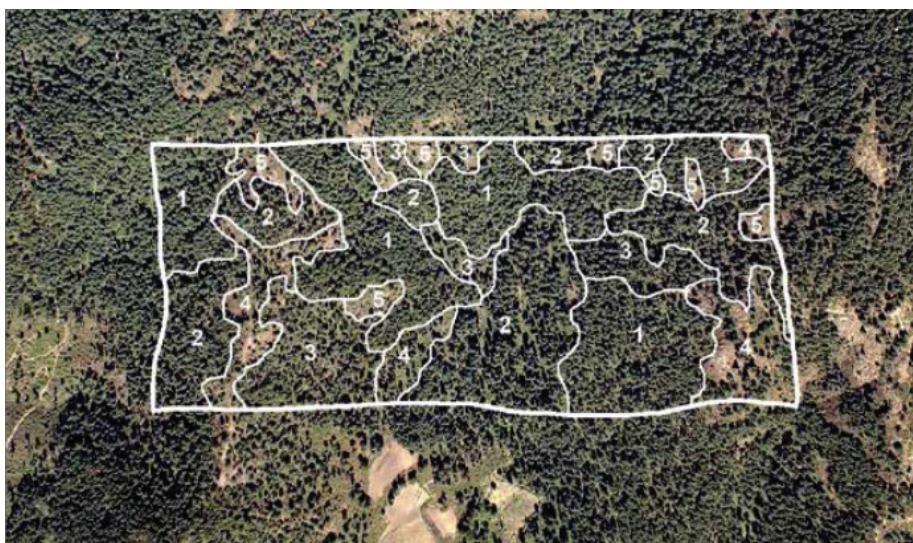


Рис. 3. Центральная часть изображения представляет собой фотоинтерпретируемую область, в которой размечены различные типы лесного покрова [16]

Для идентификации и классификации полигонов используются обычно восемь ключевых характеристик: тон или цвет, размер, форма, паттерн (узор, структура), текстура, тень, местоположение и контекст. Рис. 4, который приводят Дж. Морган и коллеги [20], иллюстрирует эти характеристики:

- (а, тон) более темные породы вблизи воды — хвойные; более светлые — лиственные;
- (б, цвет) желтые деревья — осина; зеленые деревья — ель;
- (с, размер) более крупные деревья на левой стороне фотографии — зрелые экземпляры; на правой стороне фотографии — молодая поросль;
- (д, форма) протяженный линейный объект представляет собой дорогу, а нерегулярные геометрические участки — возделываемые поля;
- (е, текстура) грубая текстура в правом верхнем углу фотографии указывает на зрелые лесонасаждения с высокой изрезанностью; гладкая текстура внизу указывает на лесонасаждения, более однородные по высоте и более молодые;
- (ф, паттерн) различные узоры указывают на различные виды сельскохозяйственного использования (зерновые, виноградники и т.д.);
- (г, тени) тени деревьев, отбрасываемые на реку, помогают идентифицировать виды;
- (х, локальные характеристики) более светлая окраска деревьев предполагает наличие лиственной растительности;
- (и, контекст) наличие реки указывает на характер долины;
- (ж, позиция) тень на левой стороне фотографии предполагает уменьшение высоты по направлению к правой стороне фотографии.

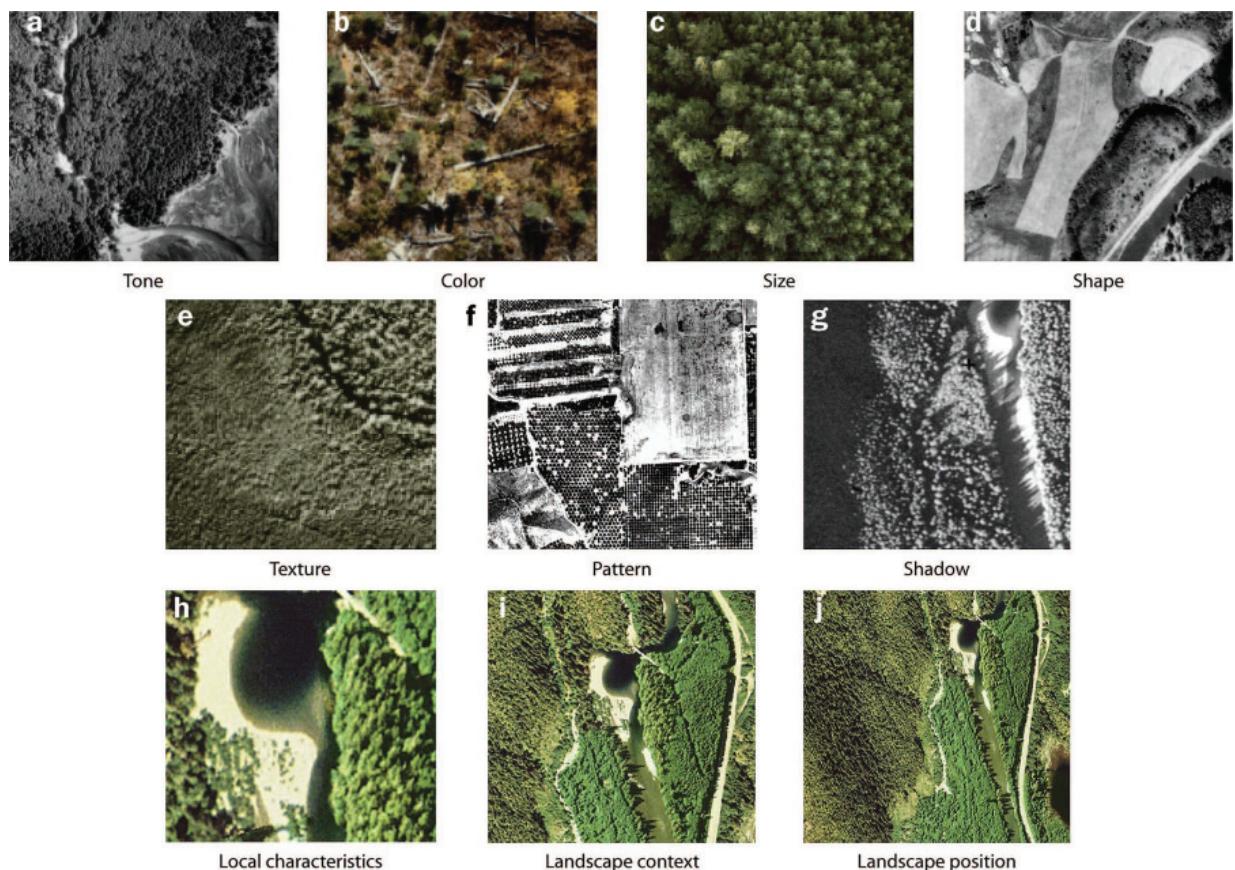


Рис. 4. Примеры интерпретаций в зависимости от характеристик объектов [20]

Дж. Морган и коллеги приводят также примерный список объектов, которые могут быть обнаружены и интерпретированы на основании какой-либо из характеристик (табл. 2). В большинстве случаев для идентификации требуется рассмотреть сочетание нескольких характеристик.

Тон и/или цвет представляют собой, конечно, наиболее простую и наиболее важную характеристику для интерпретации объектов. «Тон или цвет, — отмечают Дж. Морган и коллеги, — также могут быть использованы для того, чтобы сделать выводы, связанные с состоянием определенных объектов. Поверхностные отложения с темными тонами могут свидетельствовать о плохом дренаже и высоком содержании органических веществ, по сравнению со светлоокрашенными отложениями, которые обычно указывают на хорошо дренированные материалы, такие как песок или гравий» [20].

Абсолютные и относительные размеры также используются не только для интерпретации объектов, но и для диагностирования их состояний. Например, ширина полосы растительности вдоль русла реки может быть важна для количественной оценки состояния приусадебных насаждений.

Таблица 2

Восемь основных характеристик аэрофотоснимков, используемых при ручной интерпретации, связанные с ними экологические особенности/детали и примеры соответствующих цифровых методов, которые также могут быть полезны для анализа этих характеристик [20]

| № п/п | Характеристика | Связанные экологические особенности/объекты | Технология автоматизации | Описание |
|-------|--|---|---|--|
| 1 | Тон или цвет: относительная яркость или оттенок пикселей | Идентификация природных и антропогенных признаков (растительность, почва, город и т. д.) | Манипуляции с контрастом | Изменение значений яркости пикселей |
| 2 | Размер: количество пикселей, которые объединяются в группу пикселей со сходными характеристиками | – Возраст и структура растительности; – городские детали и землепользование | Вариограммный анализ | Вариограмма используется для оценки различия между пикселами в зависимости от рассеяния между ними |
| 3 | Форма: порядок расположения связанных групп пикселей; сложность элемента или границы участка | – Идентификация природных объектов (неправильная форма); – идентификация антропогенных объектов (геометрически правильная форма) | Пространственные манипуляции | Выделение специфических областей посредством разного рода фильтров (выделение резких изменений яркости и пр.) |
| 4 | Текстура: изменения тона на уровне пикселей (гладкость или шероховатость) | – Идентификация растительности; – оценка биоразнообразия; – выявление природных и антропогенных деталей | GLCM (полутоновая матрица смежности) | Матрица GLCM содержит статистическое описание текстуры (распределение частот различных комбинаций значений яркости пикселей) |
| 5 | Паттерны (структуры, узоры): повторение объектов (групп пикселей) на некотором участке | – Землепользование; – природные и антропогенные нарушения; – ландшафтная структура | Вейвлет-анализ | Математический метод, который позволяет анализировать различные частотные компоненты данных |

Окончание таблицы 2

| № п/п | Характеристика | Связанные экологические особенности/объекты | Технология автоматизации | Описание |
|-------|--|--|------------------------------------|--|
| 6 | Тень: комбинация темных пикселей, смежных с более яркими пикселями | <ul style="list-style-type: none"> – Идентификация природных и антропогенных деталей; – выявление очертаний | Цифровая коррекция эффекта рельефа | Цифровая информация о рельефе/высоте используется для стандартизации изображений, в частности для исправления вариаций яркости, вызванных топографией (топографическая нормализация) |
| 7 | Локальные характеристики: особенности на уровне отдельных деталей и участков | <ul style="list-style-type: none"> – Микроклимат; – идентификация местных видов; – пригодность среды обитания | Модели высоты | Информация о высоте, особенно при высоком пространственном разрешении, может быть очень полезной для классификации местных особенностей (а также растительного покрова) |
| 8 | Контекст ландшафта: условия, прилегающие к объекту или окружающие его | <ul style="list-style-type: none"> – Землепользование; – пригодность среды обитания | Объектно-ориентированный анализ | Количественные контекстные методы могут использоваться для классификации объектов на основе окружающих условий |

Форма позволяет идентифицировать антропогенные объекты (благодаря их прямолинейной геометрии), а также геоморфологические объекты и нарушения ландшафта (оползни и пр.).

Текстура выражается в мелкомасштабных – на уровне пикселей – вариациях тона. Текстура особенно полезна для классификации рельефа и почвенно-растительного покрова. Например, текстура лесных участков дает информацию о возрасте лесов, сомкнутости кроны и пр. Текстура также полезна для определения типов почв, растительности сельхозугодий. Текстурные характеристики будут меняться по мере изменения масштаба фотографии.

Паттерн (узор, структура) представляет собой вариацию тона в более крупном масштабе, нежели текстура. Хорошо различимы случайные и регулярные паттерны, состоящие из строго повторяющихся элементов. Поэтому паттерны удобны для идентификации разных типов землепользования.

Тени могут как подсказать форму и вертикальные параметры объектов, так и скрыть мелкие объекты. Местоположение и контекст дают представление об окружении целевых объектов и участков, позволяют понять систему взаимосвязей, в которую включен изучаемый ландшафт [20].

Проблема классификации

Интерпретация неразрывно связана с необходимостью принять некоторую классификацию (номенклатуру) объектов, чтобы иметь возможность отнести к одному классу объекты, в той или иной мере схожие. Детальность классификации задает меру сходства объектов в одном классе. Недетализированные классификации содержат весьма общие классы и требуют, чтобы в одном классе объединялись довольно разные объекты. Сверхдетализированные классификации, напротив, имеют множество классов, среди которых найдется класс для любой группы идентичных объектов. Однако такие классификации, как правило, страдают информационной избыточностью и в некоторых случаях затрудняют типизацию объектов, разводя их по множеству мелких групп.

Наиболее известной классификацией является Corine Land Cover, которая разработана для целей европейской Программы координации информации об окружающей среде (Coordination of Information on the Environment). В рамках этого проекта создается электронный (векторный) кадастр земного покрова Европы. Основной метод – ручная интерпретация спутниковых изображений. Для обеспечения сопоставимости интерпретаций принята номенклатура различных типов поверхности, которая сосредоточена на биофизических особенностях земной поверхности (а не на социально-экономических функциях тех или иных территорий). Эта номенклатура состоит из трех уровней и имеет весьма общий характер. Например, класс 3 «Лесные угодья и полуестественные среды» состоит из подклассов: 31 «Леса», 32 «Среда с кустарниковой и/или травянистой растительностью», 33 «Открытые пространства, без или с небольшим количеством растительности». А подкласс 31 «Леса» состоит из: 311 «Лиственные», 312 «Хвойные», 313 «Смешанные» [8]. Пример использования этой классификации для описания ландшафтов можно найти в статье [3].

Corine Land Cover соответствует размаху проекта, для которого она была создана, но для целей исторических исследований эта классификация является, безусловно, слишком общей. Поэтому при многих эколого-исторических изысканиях исследователям приходится создавать собственные классификации, описывающие объекты, их признаки, важные для данной местности и для целей данного исследования. Это позволяет установить единые стандарты для распознавания исторических карт, современных карт и материалов аэрофотоснимки, включенных в конкретный проект. Безусловно, такая задача во многих случаях является нетривиальной, требует знаний из разных областей науки и сопряжена с существенными ограничениями.

В статье П. Мацковчина «Land use categorization based on topographic maps» представлен выдающийся пример работы, в которой была поставлена и решена задача классификации землепользования по старым и современным картам всей территории Чехии. Такие карты изначально содержали разные номенклатуры, которые нужно было свести к одной. Автор отмечает: «Полезно изучить землепользование в историческом прошлом для лучшего понимания современного состояния ландшафта и прогнозирования его дальнейшего развития» [18]. В исследовании были использованы карты за период 1763–2006 гг. Рассмотрены 5 хронологических срезов (1836–1852, 1876–1880, 1952–1956, 1988–1994 и 2002–2006 гг.). Легенды изученных карт включают более 1240 элементов. Эти элементы необходимо было разделить на 10 групп. Полученные типы позволили автору провести количественную оценку динамики землепользования в широких хронологических рамках.

Автоматизированный анализ материалов аэро- и спутниковой съемки

Значительное увеличение доступности спутниковых снимков стимулировало развитие различных автоматизированных средств их распознавания и анализа. Хотя спутниковые снимки имеют, как правило, меньшее разрешение, некоторые из этих средств могут быть заимствованы и адаптированы для изучения результатов аэрофотосъемки, особенно если речь идет о значительных объемах информации.

Объектно-ориентированные методы основаны на объединении соседних пикселей со схожими свойствами в отдельные объекты [13], которые затем можно классифицировать на основании различных характеристик и подвергать анализу.

Примером автоматизированной интерпретации спутниковых снимков является работа китайских исследователей [31]. Исследование выполнено на материалах одного из национальных заповедников Китая: авторы сравнили спутниковые снимки 2009 и 2014 гг. для фиксации и анализа распределения антропогенной деятельности, такой как сельское хозяйство, промышленность, проживание, транспорт и другие виды. В работе использованы различные индексы (аналитические инструменты) для изучения конфигурации, распространенности, плотности, взаимного расположения и прочих параметров ландшафтов, чтобы оценить антропогенный фактор, масштаб и закономерности его проникновения/воздействия на исследуемую территорию. Аналогичное по задачам и методам исследование представлено в [28].

Оценка точности

Ошибки при интерпретации материалов аэрофотосъемки обычно подразделяются на два рода: позиционные (когда некорректно заданы полигоны) и классификационные (когда неверно распознано, что обозначает в реальности тот или иной полигон). Таким образом, одни ошибки порождают неверные границы, другие – неверное содержание внутри границ. Весьма любопытно описывают ошибки первого рода Дж. Морган и коллеги: «Позиционная точность при ручной интерпретации имеет принципиальное значение, но положение полигонов может быть очень изменчивым и часто зависит от стиля интерпретатора. «Соединители» (lumpers) – это интерпретаторы, которые имеют тенденцию очерчивать более крупные полигоны, тем самым слепляя области несколько схожего характера. В отличие от них «разделители» (splitters) очерчивают более мелкие полигоны, распознавая области с тонкими различиями» [20].

Хотя существует множество приемов для оценки точности интерпретации [9], наиболее распространенной формой представления точности является матрица ошибок (напр., табл. 3).

Таблица 3
Матрица ошибок, пример [2]

| | | Расчетные классы | | | | | |
|-----------------|----------|------------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | | Вода | Грунт | Лес-1 | Лес-2 | Город | Σ |
| Реальные классы | Вода | 367 | 2 | 4 | 3 | 6 | 382 |
| | Грунт | 2 | 418 | 8 | 9 | 17 | 454 |
| | Лес-1 | 3 | 14 | 329 | 24 | 25 | 395 |
| | Лес-2 | 12 | 5 | 26 | 294 | 23 | 360 |
| | Город | 16 | 26 | 29 | 43 | 422 | 536 |
| | Σ | 400 | 465 | 396 | 373 | 493 | 2127 |

В матрице сопоставляются расчетные (полученные в результате интерпретации) данные с некоторым объемом проверочных (реальных, достоверных) данных. В ячейках записывается, какое количество точек, относящихся к тому или иному реальному классу, интерпретировано и отнесено к тому или иному расчетному классу. Соответственно, в ячейках по диагонали (серая заливка) обозначено число «правильных ответов». Матрица является исходным материалом для применения разного рода аналитических инструментов в целях выявления объема и характера ошибок.

Повторная фотосъемка

В [25] повторная фотосъемка определена следующим образом: «По существу, сравнение производится между двумя фотографиями одного и того же места, которые были сделаны в разное время, но с одной и той же точки». Этот метод технически весьма прост и недорог по сравнению с вертикальной фотосъемкой, но может фиксировать изменения лишь на локальных участках. Тем не менее в некоторых случаях он способен дать весьма полезные результаты. Как правило, этот метод позволяет судить о мелкомасштабных изменениях ландшафта, а также помогает идентифицировать объекты при изучении исторических карт и материалов аэрофотосъемки [7, 22]. Пример кросс-временного сравнения представлен на рис. 5.

В ряде исследований этот метод позволил сделать довольно длительные сопоставления. Например, работы [14, 22] посвящены изменениям растительного покрова на некоторых территориях Южной Африки с 1876 г. (самая ранняя хронологическая точка) до настоящего времени. В [10] использован набор повторных фотографий каталонского побережья

(Испания), а в [19] – набор повторных фотографий ландшафтов Йеллоустонского национального парка (США).



Рис. 5. Пример повторной фотосъемки [22]

Факторы ландшафтных изменений

Обширная теоретико-методологическая литература сложилась вокруг вопроса о движущих силах ландшафтных изменений. Среди этих факторов, безусловно, значительным весом обладает жизнедеятельность людей, т. е. собственно история. Однако в этом обзоре мы не будем детально рассматривать проблему факторов, поскольку вследствие своей сложности и множественности толкований она требует отдельного детального изложения. Отметим лишь некоторые работы, которые комплексно освещают данную тематику.

В [6] авторы – Матиас Бьорги и коллеги – описали некоторые подходы к выявлению антропогенного воздействия. Один из наиболее надежных методов сводится к сопоставлению двух временных рядов с одной и той же единицей измерения времени и в одном и том же хронологическом интервале. Один из этих рядов представляет собой динамику некоторых экологических (в частности, ландшафтных) характеристик, а другой ряд – динамику человеческой жизнедеятельности. Сравнение этих рядов позволяет обнаружить периоды наиболее сильного взаимодействия человека и среды (рис. 6). Обычно между антропогенным действием и его проявлением в окружающей среде имеется временной лаг [25].

Методологические наработки, полученные при участии М. Бьорги, представлены также в фундаментальной статье «Driving forces of landscape change – current and new directions» [5], а также в конкретно-предметном исследовании, посвященном долине Лимпы в Швейцарии [7].

Группа американских исследователей [4] изучила историю ландшафта в нижнем течении р. Сент-Круа в широком хронологическом диапазоне (с 1830 г. по настоящее время). Исследование интересно тем, что авторы – О. Андерсен и коллеги – сопоставили динамику ландшафтных изменений с социальной историей региона и получили содержательные результаты. «Антропогенный фактор, – отмечают исследователи, – возрастал неэволюционно. Были выявлены два периода быстрых изменений. Изменения были быстрыми с 1850 по 1880 год, когда первые лесорубы, а затем фермеры превратили малонаселенный ландшафт дубовой саванны, прерий, смешанных лиственных и хвойных лесов и заболоченных земель, поддерживаемых частыми пожарами, в преимущественно обезлесенный сельскохозяйственный ландшафт. Второй период быстрых изменений начался с 1940 года и продолжается по настоящее время. Этот период характеризуется экспансиею городских территорий» [4].

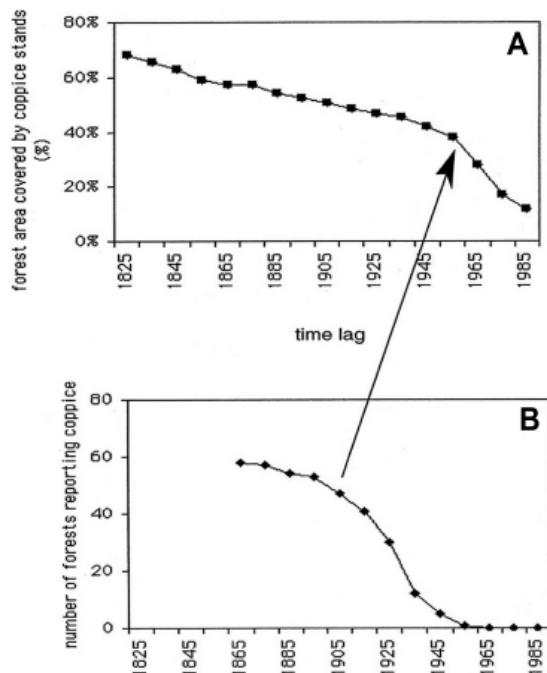


Рис. 6. Выявление антропогенного воздействия:

А – изменения окружающей среды; В – изменение человеческой активности

Кейс 1. Историко-ландшафтная реконструкция Кремниевой долины

Рассмотрим, каким образом применяются и какие результаты дают некоторые из представленных выше подходов и методик в конкретно-предметных исследованиях.

Одним из подобного рода образцов является работа Робина Гроссингера и коллег «Historical landscape ecology of an urbanized California valley: wetlands and woodlands in the Santa Clara Valley» [11].

Авторы исходили из представления, что «историческая реконструкция ландшафта может быть ценным инструментом для сохранения и восстановления среды обитания в регионе. Понимание природных условий, существовавших до масштабных современных потрясений, помогает ученым и руководителям устанавливать ориентиры и цели восстановления, разрабатывать стратегии сохранения ландшафта и оценивать успех этих усилий» [11]. Помимо собственно историко-экологических задач в работе поставлены методологические и источниковые проблемы: «Какие данные доступны для формирования исторического взгляда на локальные и региональные экологические модели? Как можно извлечь достаточно строгие и транспарентные выводы из нестандартных качественных исторических данных?» [11].

Авторам удалось привлечь большое количество исторических документов (карт, фотографий, зарисовок, текстовых описаний), фиксирующих в разные годы размеры и состояние болотистых и лесных массивов вдоль р. Койот-Крик. Это часть долины р. Санта-Клара (Кремниевой долины) в штате Калифорния. Все картографические и иного рода источники были сведены в одну ГИС.

Были реконструированы исторические ландшафты, включая лесные экосистемы, береговые линии, устья рек и речную долину. Большинство реконструкций, относящихся к XX в., были основаны главным образом на относительно стандартизованных материалах, созданных Общественной земельной службой (PLS) Главного земель-

ного управления США. Что касается более ранних периодов, то, конечно, для Калифорнии не существует столь же информативного, стандартизированного и надежного источника. Поэтому возникла необходимость обращения к разного рода историческим материалам. Для повышения точности было проведено сравнение источников.

Был также создан непрерывный исторический аэрофотоснимок для исследуемой области на основе самых ранних доступных изображений (75 изображений, около 1939 г.).

Примеры использованных источников представлены на рис. 7:

- (a) – карта PLS;
- (b) – аэрофотосъемка (USDA, 1939 г.) показывает четкую границу между высококачественной пахотной землей и слабодренированным щелочным лугом (вверху справа), неправильное темное пятно в правом верхнем углу обозначает, вероятно, пресноводное болото;
- (c) – болото и граница землепользования, видимые на аэрофотоснимке, подтверждаются более поздним почвоведческим исследованием;
- (d) – мексиканский чертеж 1847 г. показывает комплекс водо-болотных угодий;
- (e) – пейзажная фотография 1916 г.;
- (f) – ивовые рощи, обозначены на карте PLS Томпсона 1857 г.;
- (g) – дубовая роща, указанная в мексиканских документах о землевладении;
- (h) – остатки дубовой рощи видны как разбросанные крупные деревья в садах на аэрофотоснимке (USDA, 1939 г.);
- (i) – фотография гравийной поверхности и прибрежного кустарника, 1938.

Исторические карты с информацией о земном покрове были привязаны к ортофотоплану 2002 г. В ГИС к каждому объекту были привязаны все сведения об источниках, которые позволили данный объект выявить. В ГИС была также включена и привязана описательная информация из некартографических источников.

Для фиксации расхождений в источниковых данных и для маркировки уровня достоверности каждого источника был разработан набор атрибутов для формализованного описания как исторических источников, так и предполагаемых уровней достоверности. Эти атрибуты также были внесены в единую ГИС. Применение таких атрибутов дает возможность пользователям ГИС оценивать точность различных элементов карты и узнать об их исходных источниках. ГИС, таким образом, выступает в качестве каталога источников информации.

С помощью ГИС была рассчитана общая площадь каждого типа земного покрова. Затем были рассмотрены изменения ландшафта – пример на рис. 8.

Была проведена реконструкция типов земного покрова по историческим источникам до «значительной евроамериканской модификации», т.е. до освоения территории североамериканскими колонистами и урбанизации (рис. 9).

Сравнив реконструкцию с современным состоянием, авторы сделали ряд оценок по поводу состояния ландшафтов и экосистем, а также выработали рекомендации по их охране и восстановлению.

Кейс 2. Сопоставление карт и реклассификация

Работа А. Велли и коллег «Evaluating landscape changes using vegetation and land-use maps: an integrated approach» [30] интересна в контексте данного обзора прежде всего тем, что авторы смогли решить сложную проблему реклассификации множества элементов ландшафта в легендах нескольких разных карт. Это позволило сравнить данные карты и реконструировать динамику различных типов землепользования. Авторы исходили из того, что «изменения в землепользовании считаются наиболее значительным изменением земной поверхности: они имеют многочисленные последствия, начиная от изменения биоразнообразия и заканчивая снижением благосостояния людей» [30]. Объектом исследования являются окрестности Бормио на южной стороне Альп (Италия). Поскольку Бормио – популярный горнолыжный курорт, этот район можно считать образцом для описания «туристической эксплуатации», которая сильно повлияла на южные Альпы за последние 60 лет.

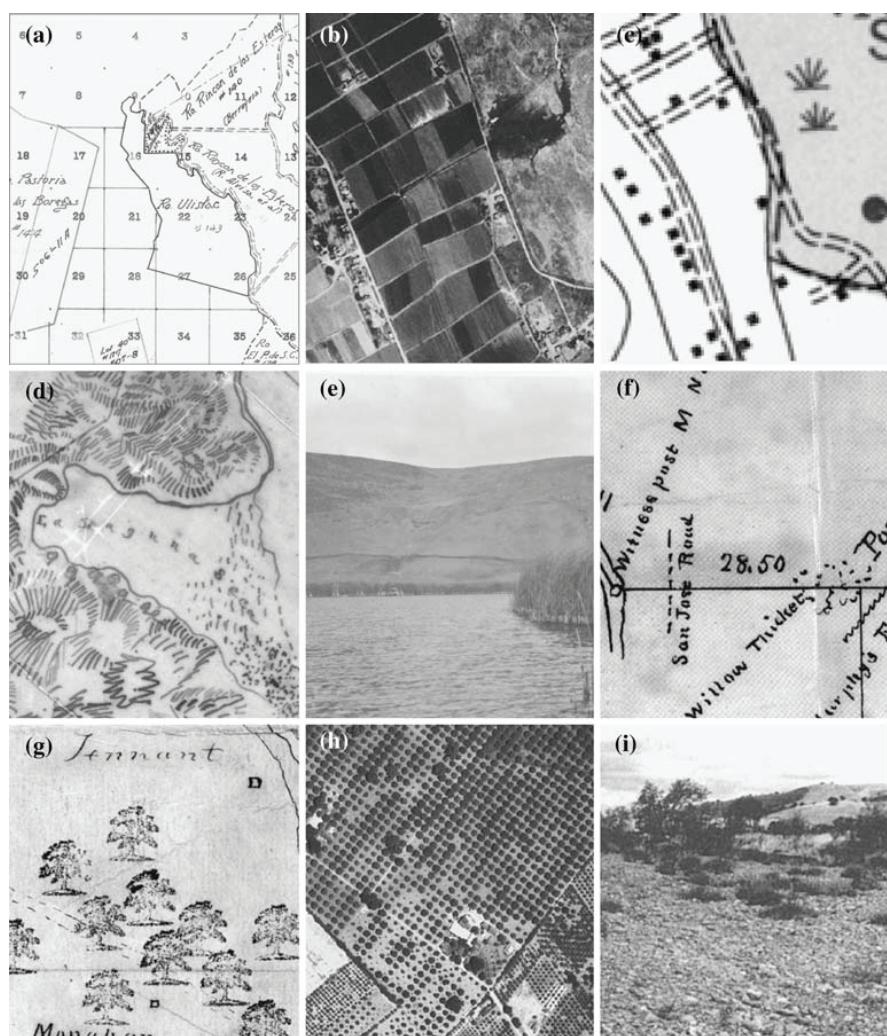


Рис. 7. Некоторые примеры исторических источников [11]



Рис. 8. Озеро Коттонвуд на снимках: А – 1939 г.; В – 2005 г. [11]

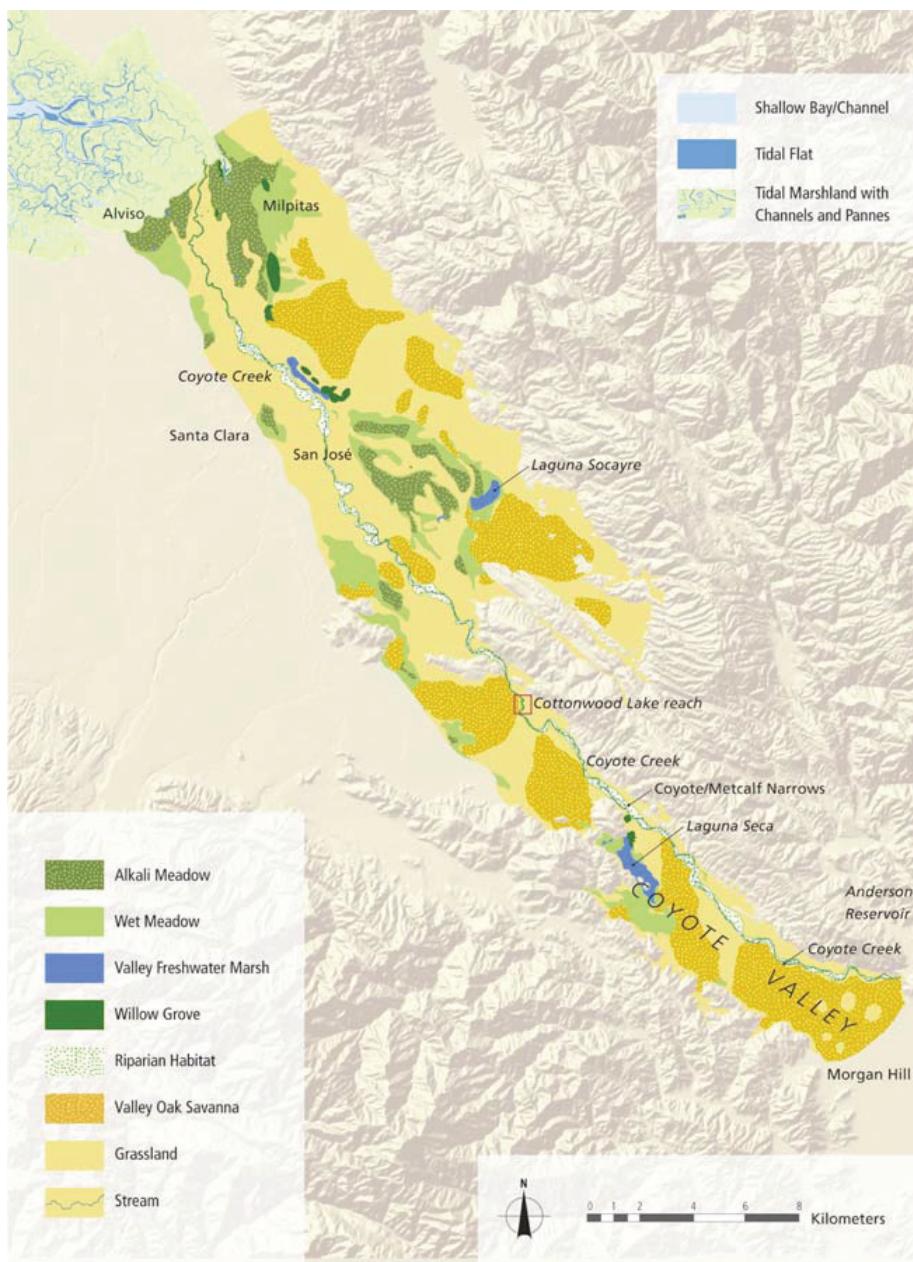


Рис. 9. Реконструированная карта земного покрова дна долины Койот-Крик до «значительной евроамериканской модификации» [11]

«Для нашего анализа, — отмечают авторы, — основной проблемой было то, что три набора данных (три карты) различались как по тематике, так и по пространственному масштабу. По этой причине необходимо было выполнить их точное согласование в среде ГИС. Картографические единицы из трех карт были повторно классифицированы как элементы ландшафта. Изменения в размерах таких элементов на трех последовательных картах (1959, 1975 и 2009 гг.) были проанализированы, чтобы описать широкомасштабные экологические последствия землепользования в горах под воздействием интенсивной туристической эксплуатации» [30].

Карты 1959 и 1975 гг. были бумажными картами растительности, где растительность описывалась с помощью подхода Брауна-Бланке (см. [32]). Эти две карты были отсканированы с разрешением 600 точек на дюйм и оцифрованы в ArcGIS 9.3 для получения векторного слоя с географической привязкой. Карта 2009 г. была получена путем вырезания цифровой карты землепользования провинции Сондрио, которая основана на ортофотоплане 2007 г. Классы карты землепользования были основаны на классификации Corine Land Cover.

«Таким образом, — продолжают авторы, — карты землепользования (2009 г.) и карты растительности (1959 и 1975 гг.) были составлены с использованием двух разных классификаций. Чтобы решить эту проблему и сделать возможным сравнение между тремя картами, мы реклассифицировали единицы карт как элементы ландшафта (LE), как показано в табл. 4. Целью такой процедуры было сокращение избыточной информации путем объединения фитосоциологических таксонов, которым соответствует близкая экологическая информация» [30].

Таблица 4

Элементы ландшафта (LE, средняя колонка), полученные в результате реклассификации картографических единиц (фитосоциологических единиц и единиц землепользования) [30]

| Фитосоциологические единицы, 1959–1975 | Элементы ландшафта (LE) | Единицы карты землепользования, 2009 г. |
|--|--|---|
| Nardetum alpinum Seslerieto – Semperviretum | Альпийские луга (Agr) | Естественные альпийские луга (321) |
| Rhodoreto – Vaccinietum cembretosum | Субальпийские кустарники с сосной Аролла (Abh) | Переходные лесные кустарники (324) |
| Rhodoreto – Vaccinietum | Безлесные субальпийские кустарники (Ash) | Болота и пустоши (322) |

Для изучения размеров, конфигурации, связанных и прочих характеристик участков различных типов был использован ряд аналитических инструментов. В качестве примера приведем один из выводов исследования: «Населенные пункты показали прирост, соответствующий 104 % их первоначальной площади. Это расширение составило почти 50 % общей площади всех изменений, подтверждая соответствующую роль населенных пунктов в динамике ландшафта. Что касается структуры [урбанизированной территории] то населенные пункты следовали двум различным схемам расширения в течение первого и второго периодов. В целом мозаичность территории населенных пунктов значительно увеличилась (с 9 до 63) к 1975 г., в то время как к 2009 году этот показатель снизился, а кучность городских территорий сильно увеличилась вместе с индексом агрегации.

За последние 50 лет, особенно с 1950 по 1981 г., в окрестностях Бормио наблюдался демографический рост — с 2700 до 4000 жителей на сегодняшний день. В первый период (1958–1975 гг.) расширение населенных пунктов следовало за водными потоками. В последующий период (до 2009 г.) населенные пункты прекратили расширение по линейным элементам ландшафта и начали разрастаться во всех направлениях. В 1958–1975 гг. динамика населенных пунктов и лесных массивов привела к значительному сокращению пастбищных угодий без явной фрагментации. В Южной Европе наблюдается явное увеличение лесных массивов, связанное с централизацией человеческой деятельности вблизи основных городских поселений» [30].

Заключение

Анализ и сопоставление исторических карт, современных материалов аэрофотосъемки, полевых исследований и некартографических исторических источников является мощным инструментом реконструкции исторической динамики ландшафтов. Представленный комплекс методов является значимым поставщиком сведений, необходимых для понимания

эволюции среды обитания и для выявления движущих, в том числе антропогенных, сил ее развития.

Подходы и методики, которые разработаны в рамках истории экологии и смежных естественнонаучных дисциплин, могут быть заимствованы и адаптированы для исследования истории человеческого общества. В исторических исследованиях исследовательская оптика перефокусируется с изменений ландшафта на изучение человеческой жизнедеятельности во взаимодействии со изменяющейся средой обитания. Ландшафт в таком случае рассматривается как фактор и контекст социальной истории, а социальная история – как фактор и контекст динамики ландшафта. Подобного рода подход обещает быть эвристически продуктивным.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант 19-18-00322 «Сравнительно-историческое изучение антропогенных ландшафтов различных регионов средствами беспилотных летательных аппаратов (Тамбовская область и Удмуртия, середина XVIII – начало XX вв.)».

Список литературы

1. Журбин И.В., Борисов А.В., Назмутдинова А.И. и др. Комплексное использование методов дистанционного зондирования, геофизики и почвоведения при изучении археологических памятников, разрушенных распашкой // Археология, этнография и антропология Евразии. 2019. Т. 47. № 2. С. 103–111.
2. Рыков Д. Матрица ошибок и расчет показателей точности тематических карт // GIS-Lab: географические информационные системы и дистанционное зондирование. 2010. URL: <http://gis-lab.info/qa/error-matrix.html> (дата обращения: 04.11.2019).
3. Скачкова А.С., Курлович Д.М., Катковский Л.В. Структура и динамика земельного фонда Воложинского района Минской области за период с 1975 по 2010 г. (по результатам автоматизированного дешифрирования классов земных покрытий в европейской номенклатуре Corine land cover) // Вестник БГУ. Сер. 2: Химия. Биология. География. 2013. № 1. С. 98–103.
4. Andersen O., Crow T.R., Lietz S.M., Stearns F. Transformation of a landscape in the upper mid-west, USA: The history of the lower St. Croix river valley, 1830 to present // Landscape and Urban Planning. 1996. Vol. 35. № 4. P. 247–267.
5. Bürgi M., Hersperger A.M., Schneeberger N. Driving forces of landscape change – current and new directions // Landscape Ecology. 2004. Vol. 19. № 8. P. 857–868.
6. Bürgi M., Russell E.W.B. Integrative methods to study landscape changes // Land Use Policy. 2001. Vol. 18. № 1. P. 9–16.
7. Bürgi M., Straub A., Gimmi U., Salzmann D. The recent landscape history of Limpach valley, Switzerland: considering three empirical hypotheses on driving forces of landscape change // Landscape Ecology. 2010. Vol. 25. № 2. P. 287–297.
8. Corine Land Cover // OpenStreetMap Wiki. URL: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Corine_Land_Cover (дата обращения: 04.11.2019).
9. Foody G.M. Status of land cover classification accuracy assessment // Remote Sensing of Environment. 2002. Vol. 80. № 1. P. 185–201.
10. Garcia-Lozano C., Pintó J., Daunis-i-Estadella P. Changes in coastal dune systems on the Catalan shoreline (Spain, NW Mediterranean Sea). Comparing dune landscapes between 1890 and 1960 with their current status // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2018. Vol. 208. P. 235–247.
11. Grossinger R.M., Stripelen C.J., Askevold R.A., Brewster E., Beller E.E. Historical landscape ecology of an urbanized California valley: wetlands and woodlands in the Santa Clara Valley // Landscape Ecology. 2007. Vol. 22. № 1. P. 103.
12. Haase D. et al. Changes to Central European landscapes—Analysing historical maps to approach current environmental issues, examples from Saxony, Central Germany // Land Use Policy. 2007. Vol. 24. № 1. P. 248–263.

13. Hay G.J., Blaschke T., Marceau D.J., Bouchard A. A comparison of three image-object methods for the multiscale analysis of landscape structure // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2003. Vol. 57. № 5. P. 327–345.
14. Hoffman M.T., Rohde R.F. From pastoralism to tourism: The historical impact of changing land use practices in Namaqualand // Journal of Arid Environments. 2007. Vol. 70. № 4. P. 641–658.
15. Levin N., Kark R., Galilee E. Maps and the settlement of southern Palestine, 1799–1948: an historical/GIS analysis // Journal of Historical Geography. 2010. Vol. 36. № 1. P. 1–18.
16. López García J., Prado Molina J., Manzo Delgado L., Peralta Higuera A. Monitoring changes of forest canopy density in a temperature forest using high-resolution aerial digital photography // Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. 2016. Vol. 2016. № 90. P. 59–74.
17. Machar I., Servus M. Linking Historical Research with Restoration Ecology in the Floodplain Landscape Case Study: Landscape-Ecological Study and Management Plan of the Tovačov Lakes (Czech Republic) // Journal of Landscape Ecology. 2010. Vol. 3. № 1. P. 16–41.
18. Mackovčin P. Land use categorization based on topographic maps // Acta Pruhonicensia. 2009. Vol. 91. P. 5–13.
19. Meyer J.L., Youngs Y. Historical Landscape Change in Yellowstone National Park: Demonstrating the Value of Intensive Field Observation and Repeat Photography // Geographical Review. 2018. Vol. 108. № 3. P. 387–409.
20. Morgan J.L., Gergel S.E., Coops N.C. Aerial Photography: A Rapidly Evolving Tool for Ecological Management // BioScience. 2010. Vol. 60. № 1. P. 47–59.
21. Pindozzi S., Cervelli E., Capolupo A., at all. Using historical maps to analyze two hundred years of land cover changes: case study of Sorrento peninsula (south Italy) // Cartography and Geographic Information Science. 2016. Vol. 43. № 3. P. 250–265.
22. Rohde R.F., Hoffman M.T. The historical ecology of Namibian rangelands: Vegetation change since 1876 in response to local and global drivers // Science of The Total Environment. 2012. Vol. 416. P. 276–288.
23. Santana-Cordero A., Monteiro-Quintana M.L., Hernández-Calvento L. Reconstructing the environmental conditions of extinct coastal dune systems using historical sources: the case of the Guanarteme dune field (Canary Islands, Spain) // Journal of Coastal Conservation. 2014. Vol. 18. № 4. P. 323–337.
24. Santana-Cordero A.M., Monteiro-Quintana M.L., Hernández-Calvento L. Reconstruction of the land uses that led to the termination of an arid coastal dune system: The case of the Guanarteme dune system (Canary Islands, Spain), 1834–2012 // Land Use Policy. 2016. Vol. 55. P. 73–85.
25. Santana-Cordero A.M., Szaby P. Exploring Qualitative Methods of Historical Ecology and Their Links With Qualitative Research // International Journal of Qualitative Methods. 2019. Vol. 18. P. 16094069198 72112.
26. Skaloš J., Engstová B. Methodology for mapping non-forest wood elements using historic cadastral maps and aerial photographs as a basis for management // Journal of Environmental Management. 2010. Vol. 91. № 4. P. 831–843.
27. Skaloš J., Engstová B., Trpáková I., Šantrůčková M., Podrázský V. Long-term changes in forest cover 1780–2007 in central Bohemia, Czech Republic // European Journal of Forest Research. 2012. Vol. 131. № 3. P. 871–884.
28. Song X., Huang Y., Fu J., Jiang D., Tian G. Spatial Variability and Ecological Effects of Anthropogenic Activities in a Nature Reserve: A Case Study in the Baijitan National Nature Reserve, China // Sustainability. 2017. Vol. 9. № 2. P. 1–14.
29. Vegetation Mapping Projects Underway in Marin and San Mateo // Web-site of U.S. National Park Service. URL: <https://www.nps.gov/articles/vegetation-mapping-projects-underway.htm> (дата: 04.11.2019).
30. Velli A., Pirola A., Ferrari C. Evaluating landscape changes using vegetation and land-use maps: an integrated approach // Landscape Research. 2019. Vol. 44. № 6. P. 768–781.
31. Wan L., Zhang Y., Zhang X., Qi S., Na X. Comparison of land use/land cover change and landscape patterns in Honghe National Nature Reserve and the surrounding Jiansanjiang Region, China // Ecological Indicators. 2015. Vol. 51. P. 205–214.
32. Westhoff V., van der Maarel E. The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities. Ed. by R.H. Whittaker. Den Haag: Junk, 1980. P. 287–399.

References

1. Zhurbin I.V., Borisov A.V., Nazmutdinova A.I. et al. (2019) *Kompleksnoe ispol'zovanie metodov distan-
cionnogo zondirovaniya, geofiziki i pochvovedenija pri izuchenii arheologicheskikh pamjatnikov, razrushennyh ras-
pashkoj* [Complex use of remote sensing methods, Geophysics and soil science in the study of archaeological
sites destroyed by plowing] *Arheologija, jetnografija i antropologija Evrazii* [Archeology, Ethnography and an-
thropology of Eurasia]. T. 47. No. 2. P. 103–111.
2. Rykov D. (2010) *Matrixa oshibok i raschet pokazatelej tochnosti tematiceskikh kart* [Matrix of errors and
calculation of indicators of accuracy of thematic maps] *GIS-Lab: geograficheskie informacionnye sistemy i dis-
tancionnoe zondirovanie* [GIS-Lab: geographic information systems and remote sensing]. Available at: <http://gis-lab.info/qa/error-matrix.html> (date accessed 04.11.2019).
3. Skachkova A.S., Kurlovich D.M., Katkovsky L.V. (2013) *Struktura i dinamika zemel'nogo fonda
Volozhinskogo rajona Minskoy oblasti za period s 1975 po 2010 g. (po rezul'tatam avtomatizirovannogo deshi-
frirovaniya klassov zemnyh pokrytij v evropejskoj nomenklature Corine land cover)* [Structure and dynamics of the
land Fund of Volozhin district of Minsk region for the period from 1975 to 2010 (based on the results of au-
tomated decoding of classes of land coverings in the European nomenclature Corine land cover)] *Vestnik BGU.
Ser. 2: Himija. Biologija. Geografija* [Bulletin of BSU. Ser. 2: Chemistry. Biology. Geography]. No. 1. P. 98–103.
4. Andersen O., Crow T.R., Lietz S.M., Stearns F. (1996) Transformation of a landscape in the upper
mid-west, USA: The history of the lower St. Croix river valley, 1830 to present. *Landscape and Urban
Planning*. Vol. 35. No. 4. P. 247–267.
5. Bürgi M., Hersperger A.M., Schneeberger N. (2004) Driving forces of landscape change – current and
new directions. *Landscape Ecology*. Vol. 19. No. 8. P. 857–868.
6. Bürgi M., Russell E.W.B. (2001) Integrative methods to study landscape changes. *Land Use Policy*. Vol. 18.
No. 1. P. 9–16.
7. Bürgi M., Straub A., Gimmi U., Salzmann D. (2010) The recent landscape history of Limpach valley,
Switzerland: considering three empirical hypotheses on driving forces of landscape change. *Landscape Ecology*.
Vol. 25. No. 2. P. 287–297.
8. Corine Land Cover. OpenStreetMap Wiki. Available at: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Corine_Land_Cover (date accessed: 04.11.2019).
9. Foody G.M. (2002) Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of
Environment*. Vol. 80. No. 1. P. 185–201.
10. Garcia-Lozano C., Pintó J., Daunis-i-Estadella P. (2018) Changes in coastal dune systems on the
Catalan shoreline (Spain, NW Mediterranean Sea). Comparing dune landscapes between 1890 and 1960 with
their current status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol. 208. P. 235–247.
11. Grossinger R.M., Striplen C.J., Askevold R.A., Brewster E., Beller E.E. (2007) Historical landscape
ecology of an urbanized California valley: wetlands and woodlands in the Santa Clara Valley. *Landscape
Ecology*. Vol. 22. No. 1. P. 103.
12. Haase D. et al. (2007) Changes to Central European landscapes—Analysing historical maps to approach current
environmental issues, examples from Saxony, Central Germany. *Land Use Policy*. Vol. 24, No. 1. P. 248–263.
13. Hay G.J., Blaschke T., Marceau D.J., Bouchard A. (2003) A comparison of three image-object meth-
ods for the multiscale analysis of landscape structure. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.
Vol. 57. No. 5. P. 327–345.
14. Hoffman M.T., Rohde R.F. (2007) From pastoralism to tourism: The historical impact of changing
land use practices in Namaqualand. *Journal of Arid Environments*. Vol. 70. No. 4. P. 641–658.
15. Levin N., Kark R., Galilee E. (2010) Maps and the settlement of southern Palestine, 1799–1948: an
historical/GIS analysis. *Journal of Historical Geography*. Vol. 36. No. 1. P. 1–18.
16. López García J., Prado Molina J., Manzo Delgado L., Peralta Higuera A. (2016) Monitoring changes
of forest canopy density in a temperate forest using high-resolution aerial digital photography. *Investigaciones
Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. Vol. 2016. No. 90. P. 59–74.
17. Machar I., Servus M. (2010) Linking Historical Research with Restoration Ecology in the Floodplain
Landscape Case Study: Landscape-Ecological Study and Management Plan of the Tovačov Lakes (Czech
Republic). *Journal of Landscape Ecology*. Vol. 3. No. 1. P. 16–41.

18. Mackovčin P. (2009) Land use categorization based on topographic maps. *Acta Pruhonica*. Vol. 91. P. 5–13.
19. Meyer J.L., Youngs Y. (2018) Historical Landscape Change in Yellowstone National Park: Demonstrating the Value of Intensive Field Observation and Repeat Photography. *Geographical Review*. Vol. 108. No. 3. P. 387–409.
20. Morgan J.L., Gergel S.E., Coops N.C. (2010) Aerial Photography: A Rapidly Evolving Tool for Ecological Management. *BioScience*. Vol. 60. No. 1. P. 47–59.
21. Pindozzi S., Cervelli E., Capolupo A., at all. (2016) Using historical maps to analyze two hundred years of land cover changes: case study of Sorrento peninsula (south Italy). *Cartography and Geographic Information Science*. Vol. 43. No. 3. P. 250–265.
22. Rohde R.F., Hoffman M.T. (2012) The historical ecology of Namibian rangelands: Vegetation change since 1876 in response to local and global drivers. *Science of The Total Environment*. Vol. 416. P. 276–288.
23. Santana-Cordero A., Monteiro-Quintana M.L., Hernández-Calvento L. (2014) Reconstructing the environmental conditions of extinct coastal dune systems using historical sources: the case of the Guanarteme dune field (Canary Islands, Spain). *Journal of Coastal Conservation*. Vol. 18. No. 4. P. 323–337.
24. Santana-Cordero A.M., Monteiro-Quintana M.L., Hernández-Calvento L. (2016) Reconstruction of the land uses that led to the termination of an arid coastal dune system: The case of the Guanarteme dune system (Canary Islands, Spain), 1834–2012. *Land Use Policy*. Vol. 55. P. 73–85.
25. Santana-Cordero A.M., Szaby P. (2019) Exploring Qualitative Methods of Historical Ecology and Their Links With Qualitative Research. *International Journal of Qualitative Methods*. Vol. 18. P. 1609406919872112.
26. Skaloš J., Engstová B. (2010) Methodology for mapping non-forest wood elements using historic cadastral maps and aerial photographs as a basis for management. *Journal of Environmental Management*. Vol. 91. No. 4. P. 831–843.
27. Skaloš J., Engstová B., Trpáková I., Šantrůčková M., Podrázký V. (2012) Long-term changes in forest cover 1780–2007 in central Bohemia, Czech Republic. *European Journal of Forest Research*. Vol. 131. No. 3. P. 871–884.
28. Song X., Huang Y., Fu J., Jiang D., Tian G. (2017) Spatial Variability and Ecological Effects of Anthropogenic Activities in a Nature Reserve: A Case Study in the Baijitan National Nature Reserve, China. *Sustainability*. Vol. 9. No. 2. P. 1–14.
29. Vegetation Mapping Projects Underway in Marin and San Mateo. Web-site of U.S. National Park Service. Available at: <https://www.nps.gov/articles/vegetation-mapping-projects-underway.htm> (date accessed: 04.11.2019).
30. Velli A., Pirola A., Ferrari C. (2019) Evaluating landscape changes using vegetation and land-use maps: an integrated approach. *Landscape Research*. Vol. 44. No. 6. P. 768–781.
31. Wan L., Zhang Y., Zhang X., Qi S., Na X. (2015) Comparison of land use/land cover change and landscape patterns in Honghe National Nature Reserve and the surrounding Jiansanjiang Region, China. *Ecological Indicators*. Vol. 51. P. 205–214.
32. Westhoff V., van der Maarel E. (1980) The Braun-Blanquet approach. Classification of plant communities. Ed. by R.H. Whittaker. Den Haag: Junk. P. 287–399.