

Е. Ю. Колбовский, П. Н. Брагин, У. А. Медовикова

### Географические информационные системы для управления ландшафтами на территориях выдающейся природно-исторической ценности

В статье обобщен опыт разработки геоинформационных систем для задач управления культурными ландшафтами на территориях национальных парков и музеев-заповедников. Описаны общие принципы, технология и логическая структура ГИС, приведены параметры целевого состояния и содержание мероприятий по уходу за ландшафтами.

**Ключевые слова:** культурный ландшафт, геоинформационные системы, управление ландшафтами, целевое состояние ландшафтов.

E. Ju. Kolbovsky, P. N. Bragin, U. A. Medovikova

### Geographical Information Systems for Management of Landscapes in Territories of the Outstanding Natural Historical Value

In the article experience of development of geoinformation systems for management by cultural landscapes in territories of national parks and memorial estates is generalized. The general principles, technology and a logic structure of GIS are described, parameters of a target condition and the content of actions to service landscapes are specified.

**Keywords:** cultural landscape, geoinformation systems, management of landscapes, a target condition of landscapes.

#### Постановка проблемы

В пределах территорий выдающейся природной и (или) историко-культурной ценности: национальных парков, музеев-заповедников – ландшафт является одновременно и «объектом», и «средой», то есть и предметом охраны, и фоном для восприятия памятников архитектуры и истории. Однако он подвержен изменениям, и отдельные его компоненты могут быть разрушены, причем не обязательно в результате хозяйственной деятельности человека. Изменение элементов и компонентов способно привести ландшафт в нежелательное состояние, которое требует как минимум корректировки или, в крайнем варианте, реализации целостной программы управления ландшафтами.

Управление нуждается в информационном обеспечении: моделировании как самого объекта, так и управляющих воздействий. В современной практике средствами такого моделирования являются геоинформационные системы (ГИС), которые используются для решения следующих задач:

- фиксация, инвентаризация и картографирование актуального состояния ландшафтов;

- моделирование целевого состояния ландшафтов;

- проектирование и мониторинг мероприятий по уходу и обустройству;

- оценка воздействия на визуальную среду (эстетические свойства ландшафтов).

#### Вызовы и риски

Прежде всего, в рамках задачи управления ландшафтами необходимо определиться с вызовами и рисками. Вызовы – это глобальные и по отношению к рассматриваемой территории, как правило, внешние процессы и феномены, способные сыграть роль неотвратимых факторов изменений и трансформации ландшафтов. Целесообразно различать естественные и техногенные (антропогенные) вызовы. К первым можно отнести, например, понижение базиса эрозии и прекращение поемного режима на дне речных долин (что неизбежно скажется на составе травостоя и цветовом аспекте лугов), ко вторым – усиление туристско-рекреационной эксплуатации, повсеместное расползание индивидуальной жилой застройки и т. д.

Риски – сочетание вероятности и последствий наступления событий, или, в более узком смысле,

ле, непосредственно предполагаемое событие, способное принести кому-либо ущерб или убыток. Риски также могут быть естественными и техногенными.

Они всегда локальны и должны выявляться в ходе специального исследования в рамках постановки задачи управления ландшафтами. Так, для ландшафтов музея-заповедника Кижи усиление абразионной нагрузки на береговую линию вследствие нарушения скоростного режима туристическими теплоходами – техногенный риск, а изменение видового состава и цветового аспекта лугов вследствие прекращения выпаса и сенокосения – естественный риск.

### Параметры состояния ландшафтов

Использование ГИС позволяет разрабатывать полноценные модели, фиксирующие современное состояние ландшафтов, во-первых, и отражающие их целевое состояние, во-вторых. *Целевым для культурного ландшафта можно считать такое состояние, которое позволяет управляющему субъекту сочетать в рамках конкретной территории множество (обычно слабо совместимых между собой) функций.* При всей нестрогости такого определения оно дает ключ к постепенному «конструированию» состояния в терминологии функционального моделирования [1] и позволяет перейти к характеристике параметров состояния. Понятно, что параметры состояния различаются в той же степени, в какой уникальны и индивидуальны собственно культурные ландшафты, однако можно попытаться выделить общие группы параметров, значимые для любой территории:

- функционально-инфраструктурные параметры (ландшафт любой территории должен включать некий набор элементов искусственной – инженерной и сервисной – инфраструктуры, обеспечивающий возможность пребывания туристов и персонала);

- параметры «экологичности» (средостабилизирующий потенциал, уровень биоразнообразия и разнообразия местообитаний, степень развития процессов неблагоприятной экзогенной геодинамики, окультуренность почвенного покрова и др.);

- параметры аутентичности (историчность, оригинальность происхождения, соответствие духу и «атмосфере» места);

- параметры эстетичности (значительность и красота отдельных ландшафтных сцен, гармония целостного облика).

Наиболее дискуссионными представляются две последние группы параметров целевого состояния ландшафтов. Аутентичность ландшафта понимается по-разному архитекторами и художниками, историками и географами. Конфигурирование «общей платформы» восприятия и толкования требует нескольких итераций – многосторонних и неоднократных консультаций с представителями этих областей знания, а также со специалистами разного профиля и управленцами различного уровня. Цель консультаций – выявление реперных («знаковых», «символических») признаков в ландшафте, которые могут быть ассоциированы с той или иной глубиной «исторического среза», поскольку абсолютная аутентичность в применении к культурному ландшафту, пожалуй, недостижима в принципе.

В этом смысле весьма показателен пример музея-заповедника Кижи, где приведение ландшафта в состояние «исторической подлинности на момент создания памятников» невозможно: абсолютно большая часть территории острова (кроме заболоченных озерных низин) вплоть до начала XX века была подвергнута распашке. В этой ситуации единственный выход заключается в поиске сохранившихся «знаковых» элементов культурного ландшафта [2]. На территории Кижей в роли таковых выступают каменные гряды различной формы – «ровницы», выполнявшие функцию межевых элементов. Для определения и типологии каменных гряд был применен историко-географический анализ: в ГИС Мапинфо осуществлялась привязка межевого плана середины XIX века и оцифровывались различные типы сельхозугодий – от полос пашни, принадлежащих крестьянам различных окрестных деревень, до сенокосов и пастбищ. Выяснилось, что ровницы укладывались крестьянами вдоль ребер склона оза (при разделении пахотных полос), в тыловых швах озерных пойм (для маркировки низинных сенокосов), вдоль уступов террас и по пригребневой поверхности оза. Таким образом, уголья постепенно расчищались от каменного материала и попутно «подчеркивались» гребне-килевые линии природного рельефа, что и придавало острову неповторимое своеобразие: в ландшафте Русского Севера возник некий аналог каменных стен английских огораживающих элементов.

### Общие принципы организации и технология информационного сопровождения управления ландшафтами

Информационное сопровождение предполагает наличие четырех взаимосвязанных модулей:

собственно ГИС, базы данных, хранящей информацию об объектах и их атрибутах, специального приложения для ввода новой информации и любых необходимых экспертных приложений, например, приложения для оценки воздействия на визуальную среду.

Общая структура ведения информации может быть описана следующим образом (рис. 1). Данные по объектам хранятся в двух взаимосвязанных форматах – формате ГИС и формате БД, при этом взаимосвязь между ними обеспечивается координатной привязкой и уникальными идентификаторами. Основная функция – реализация

запросов и построения моделей может быть осуществлена комплементарно как средствами ГИС (буферные зоны, оверлей слоев), так и средствами БД (фильтры, введение формул и функций). Очевидно, что в результате моделирования мы или получаем искомое (удовлетворяющую нас модель), или приходим к выводу о недостаточности исходных материалов и фиксируем необходимость «добычи данных». Последняя может быть реализована разными средствами: от новых полевых исследований до дешифровки вновь появившегося более высокоточного космического снимка.

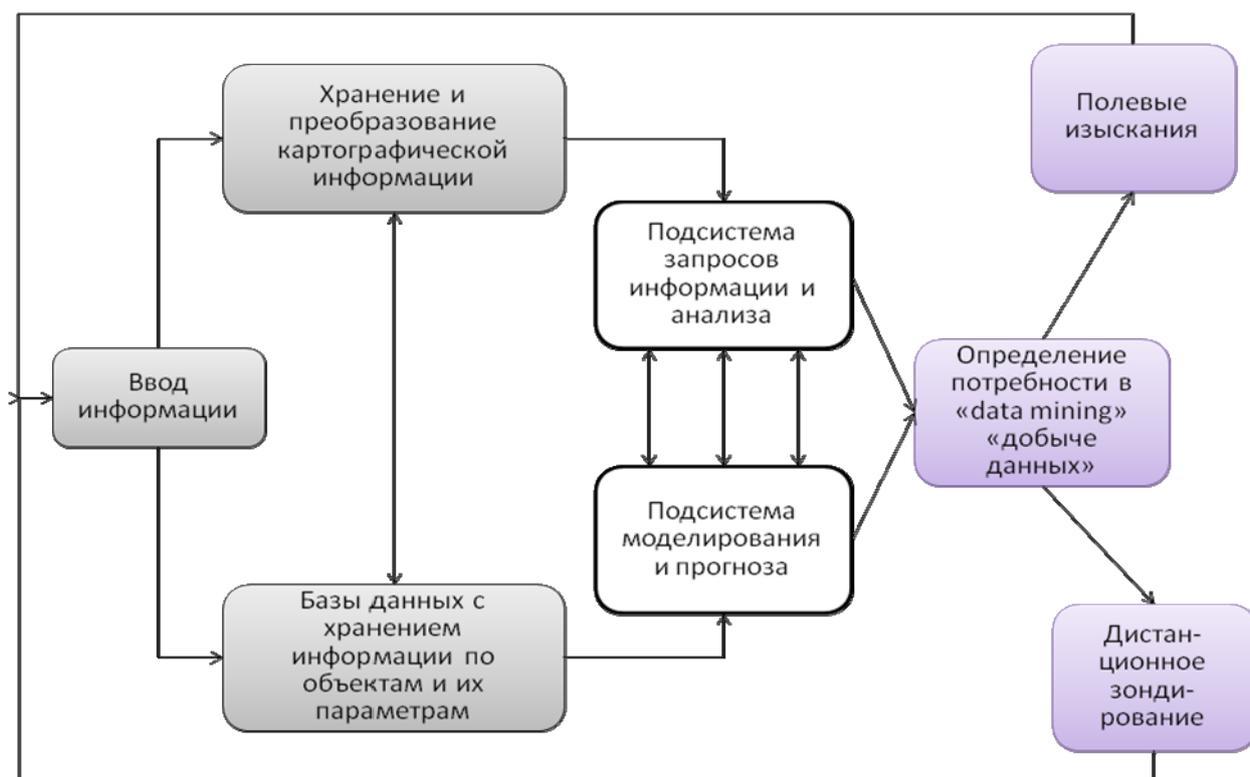


Рис. 1. Общие принципы информационного обеспечения процедуры управления

### Добыча данных

“Data mining” – добыча данных [3] – ключевой момент адаптации, приспособления модели под задачи управления ландшафтами, и одновременно самое слабое звено реальных процедур принятия решений в этой области. Приведем конкретный пример. Можно бесконечно рассуждать о красоте территории и восприятии этой красоты посетителями, но опыт показывает, что для смягчения неблагоприятных эффектов воздействия на эстетические качества ландшафтов (“visual impact”) необходимы, как правило, дополнительные специальные исследования. К таковым следует отнести картографирование визу-

альной структуры ландшафта и исследование географии поведения посетителей (экскурсантов).

Картографирование и моделирование визуальной структуры ландшафта средствами современных ГИС позволяет:

- дифференцировать территорию на визуальные бассейны и конверты с определением пределов видимости;
- провести типологию точек наблюдения, разглядывания и обзора (например, в ландшафте Кижей удалось выявить 8 типов – от «панорамных» и «выигрышных» до точек «фотоохоты» и «локального разглядывания»);

- определить визуальные связи между различными точками обзора с выделением «визуальных коридоров» или «прозоров»;

- исследовать основные свойства наблюдаемых пейзажных сцен с определением роли элементов и компонентов ландшафта в их композиции.

В результате таких исследований для острова Кижи в программе Мапинфо создавались слои визуальной структуры территории с выделением визуальных бассейнов и точек обзора различного типа. Все точки обзора были нанесены на карту и связаны инструментом «геолинк» с базой данных, состоящей из полутора тысяч фотографий, таким образом, что при нажатии на значок точки на слое Мапинфо открывается соответствующая фотография из базы данных.

Одновременно проводилось изучение особенностей восприятия ландшафта различными целевыми группами: от туристов-экскурсантов до проживающих на острове специалистов и обслуживающего персонала. Была осуществлена попытка «картографирования» поведения экскурсантов – их перемещения в пространстве при прогулках по острову, осмотре памятников архитектуры, любовании видами. В ГИС Мапинфо был сформирован слой «географии поведения» с выделением основных троп, случайных «галсов» влево и вправо от тропы, траекторий перемещения, ведущих к различным точкам обзора, ареалов осмотра вокруг наиболее притягательных объектов. Все это попутно позволило выявить основную рекреационно-экскурсионную нагрузку на территорию острова. Таким образом, «добыча данных» – важнейшая часть построения модели, адекватной задачам управления.

### **Требования к организационной структуре и архитектуре ГИС**

Пространственные данные организованы средствами ГИС послойно в пределах тематических блоков и принципиально могут быть разделены на векторные и растровые. К растровым слоям относятся:

- данные дистанционного зондирования;
- растровые слои, возникшие в результате преобразования векторных данных (гриды, карты экспозиции склонов);
- сканированные старинные карты и планы;
- сканированные материалы проектов;
- фотопланы;
- фотографии.

Векторные слои – это слои исходной топографической подосновы (так называемые общегеографические пространственные данные – отметки высот, гидрография и др.), а также производные слои, формируемые путем преобразования исходных, в том числе тематические карты (рис. 2.).

Формируемая структура информационного обеспечения должна соответствовать требованиям, предъявляемым к инфраструктуре пространственных данных вообще. Прежде всего, это использование международных стандартов INSPIRE [4] для наборов данных, ISO для метаданных и OGC – для веб-сервисов, что, с одной стороны, позволяет избежать зависимости от монопрограммного сопровождения (столь характерной для отечественных учреждений), с другой – создает предпосылки для взаимодействия в будущем с данными, появляющимися в результате функционирования ведомственных проектов Росреестра, Рослесхоза, Минрегиона и др.

В архитектуре данных должны быть предусмотрены различные функции и соответствующие им уровни (хранение, администрирование, корректировка, использование и ознакомление) (см. рис. 3).

### **Разработка логической структуры ГИС**

Логическая структура ГИС определяется, с одной стороны, собственной структурой культурного ландшафта, с другой – задачами управления. Основная сложность формирования перспективной логической структуры данных заключается в традиции следования принципам картографического изображения и топографических объектов, в то время как задачи управления требуют идентификации пространственных объектов, имеющих различные атрибутивные характеристики, нашедших отражение в различных типах геометрических примитивов и небезразличных к тематической и масштабной визуализации. Последовательность разработки ГИС подразумевает предварительное формирование логических блоков с последующей их декомпозицией на группы слоев, слои и отображаемые в слоях объекты с их атрибутами. Затем отдельные слои объединяются в тематические блоки (агрегирование), которые внешне могут выглядеть, как тематические карты. Взаимосвязь блоков обеспечивается базовыми (общегеографическими) слоями, системой идентификаторов отдельных объектов, а также семантикой их атрибутов.



Рис. 2. Техника формирования слоев ГИС

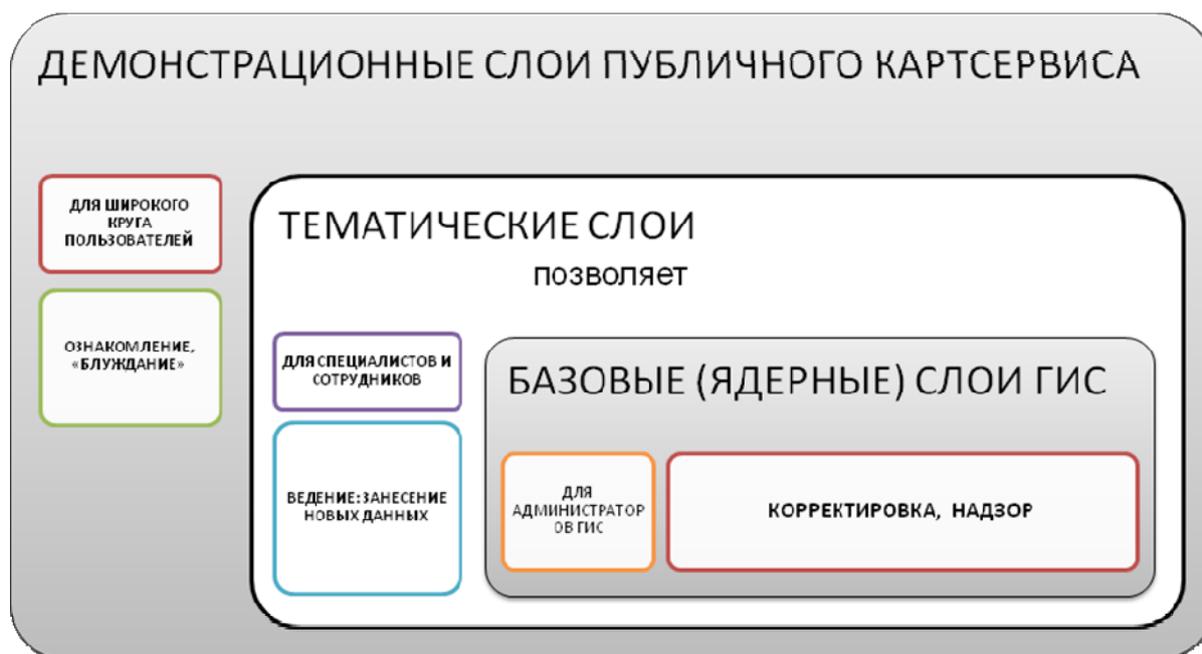


Рис. 3. Организационная структура информационного обеспечения

В приведенном на рис. 4 примере в качестве отдельных блоков представлены компоненты ландшафта (декомпозиция «по вертикали»): рельеф (почвенный покров, растительность и т. д.), плановая дифференциация ландшафта на местообитания (фацции урочища), объекты, работа с которыми позволяет сформулировать параметры «аутентичности» («история освоения»), блок экологических параметров (биоразнообразие).

Поскольку создаваемая ГИС с самого начала была ориентирована на решение прикладной задачи прогнозирования воздействия на визуальные качества ландшафта как отдельных блоков, сформированы группы слоев, раскрывающие визуальную структуру ландшафта и связанный блок «эколого-эстетической экспертизы».



Рис. 4. Разработка логической структуры данных под задачу управления ландшафтами острова Кижи

На следующем уровне декомпозиции должно осуществляться строго формализованное описание объектов и атрибутов. Для каждого слоя указываются признаки, в совокупности формирующие классификационную структуру: наименование слоя, псевдоним, тип локализации объекта (точечный, линейный, площадной) и т. д. Наконец, последний уровень декомпозиции – описание собственно атрибутов объектов, отображаемых в слоях ГИС и таблицах БД с указанием наименования поля (атрибута или характеристики объекта), значения (семантики) поля, типа значения (типа данных атрибута), размера (число знаков поля), единицы измерения (единицы домена), списочного значения (домена).

Реальное творчество начинается там, где исследователь ставит перед собой задачу описания новой составной части модели объекта реального мира, либо описывает объект в иной функциональной ипостаси (что имеет место, когда в хорошо известном объекте нас начинают интересовать новые сущности – аспекты).

#### Управление ландшафтами – проблема матрицы

Одна из самых серьезных проблем, встающих перед теми, кто решается моделировать реаль-

ность для того, чтобы ею управлять, – проблема пространственной матрицы, на которую возможно и целесообразно корректным образом спроецировать мероприятия по управлению. Наш опыт разработки планов управления ландшафтами позволяет утверждать, что такая матрица может быть получена в результате оверлея нескольких предварительно разработанных слоев ГИС:

- правовое зонирование (виды разрешенного использования земель, градостроительные зоны, зоны охраны памятников и т. д.);
- принадлежность участков по правообладанию (зачастую в состав территорий национальных парков или музеев-заповедников входят участки муниципальной земли либо частные владения);
- складывающееся «по факту» использование территории национального парка (музея-заповедника), которое часто неправомерно называют «функциональным зонированием»;
- связанная с предыдущей, «бытовая» расчлененность ландшафта на фрагменты дорогами и тропами;
- дифференциация территории на визуальные бассейны и конверты;
- дифференциация территории на геотопы (местоположения) ландшафта;

- дополнительные матрицы, определяемые особенностями экспозиции и туристско-рекреационной нагрузки на территорию.

Алгоритм оверлея невозможно описать в рамках статьи, отметим только, что процедура осложняется «плавающим» характером ведущего фактора – для одних выделов важным оказывается правовая принадлежность, для других – характер естественного геотопа.

### **Анализ типологии ландшафтных участков и описания целевого состояния средствами ГИС**

Описание типологии ландшафтных участков (ЛТУ) – нетривиальная задача в связи с отсутствием общепринятого «языка» картографирования культурных ландшафтов. Один из возможных вариантов разработки такого языка – параллельное сопоставление двух противоположно направленных процессов: процесса формирования культурного ландшафта и процесса его «одичания» (выражение С. П. Семенова-Тян-Шанского). Необходима реконструкция истории становления культурного ландшафта на интересующей нас конкретной территории и моделирование (пространственный анализ средствами ГИС) процесса реабилитации экосистем.

Многие ареалы культурных ландшафтов наших национальных парков пережили стадию практически повсеместной распашки, обширные земли в их пределах использовались под нерегулируемый выпас и сенокосение, а после снятия и этой нагрузки постепенно стали подвергаться зарастанию: крестьянин «уходил» из культурного ландшафта на протяжении последних 50 лет практически повсюду.

Проблема в том, что «зарастание» – общее, плохо формализуемое понятие. Если проанализировать этот феномен для конкретной территории (в нашем случае продолжая пример острова Кижи), то можно допустить, что зарастание проявляет себя в распространении кустарников и деревьев на луговые пространства – одиночно, куртинами, а затем и сросшимися конгломератами кустарника, и группами древостоя, названные сущности можно считать «морфотипами». В каждый данный момент времени мы можем фиксировать их актуальное состояние, но сама сущность феномена зарастания – продолжающийся процесс, который может быть описан только в терминах модели «функционирования».

Плановые очертания и «архитектоника» древесно-кустарниковых куртин и групп зависят от

ряда факторов (ярусность, плотность, абрис крон и возраст доминирующих деревьев). Элементарные морфотипы могут переходить в более сложные: так, куртины могут возникать вокруг единственного дерева за счет внедрения кустарников, а группы – посредством распространения подраста или беспорядочного «обрастания» рядовых насаждений (придорожных, прибрежных, межевых), которые в отсутствие ухода также меняют свою первоначальную форму.

При этом постепенно год от года меняется визуальный характер ландшафта: из открытого он трансформируется в полуоткрытый, в котором отдельные деревья и куртины играют роль элементов переднего и среднего плана, затем в полузакрытый, когда все пространство делится на визуальные камеры (конверты). Следовательно, мы можем представить различные стадии зарастания как характерные сочетания морфотипов древесной и кустарниковой растительности, внешне проявляющиеся в переходе от открытых пространств в полуоткрытые, полузакрытые и закрытые.

Даже такая, по сути, качественная модель позволяет ввести классификатор и домены значений. Например, в модели, разработанной для острова Кижи, была проведена предварительная дешифровка космического снимка, и существующие морфотипы были сведены к фиксированному перечню значений: отдельные экземпляры подраста, отдельные мелкие кустарники, отдельные деревья, отдельные крупные колонovidные кустарники, отдельные крупные шаровидные кустарники, куртины деревьев как однопородные, так и смешанного породного состава, рядовые насаждения, сплошные заросли кустарников, сплошные массивы древостоя.

Характер ландшафтного участка формируется тем или иным сочетанием выделенных морфотипов. При этом целесообразно выделять основные морфотипы, которые придают участку «желательные», визуальное благоприятные черты, и дополнительные – своего рода «визуальный шум», подлежащий ликвидации посредством реализации мероприятий по уходу за ландшафтом. Сочетание основных и дополнительных морфотипов формирует комбинаторику возможных сочетаний («периодическую таблицу морфотипов»).

Комбинаторика морфотипов зарастания позволяет разделить все ландшафтные участки по шкале «открытости» на открытые, полуоткрытые, полузакрытые и закрытые с последующим

выделением подтипов. Для параметризации морфотипов могут быть использованы количественные показатели, например, так называемая сомкнутость полога насаждений, характер размещения деревьев и кустарников по площади (регулярно-равномерное, случайное, куртинно-групповое).

### Проектирование мероприятий по управлению ландшафтами

Использование понятия «целевое состояние ландшафтов» позволяет осуществить подбор и описание мероприятий по переходу из «актуального состояния» в целевое. Совокупность таких мероприятий составляет содержание планов управления ландшафтами. Прежде всего, следует корректно описать общую направленность мероприятий и характер ухода за ландшафтным участком. Здесь мы сталкиваемся с главным отличием процедуры управления ландшафтами от собственно «садово-паркового искусства». Масштабы «парка» подразумевают активное вмешательство и постоянное «культивирование» в пределах практически всей площади, масштабы управления ландшафтами диктуют иную логику и принципиально иной подход: мы рассматриваем средостабилизирующую способность природного ландшафта как базовую характеристику территории и весь набор мероприятий по уходу как комплексный и направленный на поддержание этой способности.

Часть выделенных ландшафтных участков совпадает с границами естественных экосистем, которые «поддерживают себя сами» и являются центрами биоразнообразия и формирования микроклимата и условий стока для всей территории музея. Для них предусмотрен режим консервации, то есть абсолютного невмешательства. Для возможности корректировки любых режи-

мов вводится понятие «горизонта планирования», в более привычной проектной терминологии – расчетного срока. Так, на территории музея-заповедника Кижский режим консервации предусмотрен для олиготрофных кустарничково-сфагновых болотных экосистем острова с горизонтом планирования свыше 5 лет.

Для прочих луговых ландшафтных с разной степенью распространенности древесно-кустарниковых морфотипов, а также для участков, в основном покрытых древесно-кустарниковой растительностью, можно выделить два типа режимов: режим преимущественного сохранения характера «открытости-закрытости» участка, так называемый режим «организации», и режим изменения характера «открытости-закрытости» участка – «перевод» участка из одного состояния в другой, например из полужакрытого в полуоткрытый посредством осветляющих рубок формирования или из закрытого в полужакрытый посредством санитарных рубок. Содержание обустройства составляют различные типы мероприятий, подразделяющиеся на подтипы и конкретные виды. Для каждого вида указываются состав работ, периодичность, время проведения работ, рабочие операции.

Детализация мероприятий по обустройству до уровня рабочих операций (формирование крон, валка деревьев, сенокошение), на первый взгляд, может представляться избыточной, но именно она позволяет определить трудозатраты и ориентировочно рассчитать стоимость работ по обустройству – что принципиально важно для управления и принятия решений (финансирование, бюджет и т. д.). Имеющийся опыт свидетельствует, что планирование управления ландшафтами придает необходимый статус этим работам и включает их в более общие планы по управлению территориями.

### Библиографический список

1. Марка, Д. А., МакГоуэн, К. Методология структурного анализа и проектирования SADT [Текст] / Д. А. Марка, К. МакГоуэн. – М. :1993. 243 с.
2. Колбовский, Е. Ю. Оценка антропогенного воздействия на эстетические качества ландшафтов [Текст] / Е. Ю. Колбовский, П. Н. Брагин, У. А. Медовикова // Ярославский педагогический вестник. Естественные науки. – 2012 – Том III, № 1. – С. 169–178.
3. Шаши, Ш., Санжей Ч. Основы пространственных баз данных [Текст] [пер. с англ.] / Ш. Шаши, Ч. Санжей. – М. : Кулиц:образ. 2004. – 336 с.
4. INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe. Drafting Team “Data Specifications” 2008. – 137 p.