

Лекция 2. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ЭКОЛОГИИ. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

- 2.1 Общие принципы визуализации пространственных данных
- 2.2 Экологическое картографирование. Классификация экологических карт
- 2.3 Картографические способы изображения, применяемые в экологическом картографировании
- 2.4 Использование ГИС-технологий в визуализации экологической информации
- 2.5 Современные направления в области визуализации экологической информации

2.1. Общие принципы визуализации пространственных данных

Специфика пространственных данных определяет общие принципы их визуализации:

1. *Территориальность* – опора на базу данных (количественная и качественная информация), приуроченных к конкретной территории.

Источникам исходной информации являются:

данные дистанционного зондирования (ДДЗ);

статистические данные и результаты их обработки;

материалы полевого картографирования и мониторинга;

результаты изучения состояния биоиндикаторов;

обобщения материалов из разных источников.

2. *Принадлежность данных к одному временному срезу или периоду* (час, день, месяц, год, десятилетие и т.д.), *их последовательности* (при отражении динамики процессов).

Для правильной интерпретации и сопоставления изображаемых объектов, явлений или процессов на карте (любом геоизображении) не должны находиться данные, относящиеся к разному временному периоду. В случае невыполнения данного принципа неизбежны ошибочные суждения и выводы.

3. *Непрерывность изображаемого процесса или явления* (отсутствие «белых пятен» на карте). В случае отсутствия данных достигается путём использования методов интерполяции и экстраполяции, использование которых позволяет продолжать выявленные закономерности (связи, тенденции развития и др.) в будущее время (экстраполяция), на неизвестную территорию (интерполяция), что особенно важно для географического и экологического прогнозирования и мониторинга). В статистике допускаются исключения («нет данных», серый цвет на карте).

4. Выбор территориальных единиц исследования осуществляется на основе степени однородности их свойств (т.е. возможности распространения на них экологических характеристик) и целевого назначения визуализации данных.

Варианты решения вопроса о выборе операционных территориальных единиц:

Выборочная характеристика, т.е. привязка показателей непосредственно к точкам и линиям, для которых они получены – карты фактического материала (при этом не выполняется общекартографическое требование непрерывности изображения). Пример: карта загрязнения поверхностных вод территории с показателями концентрации поллютантов в пунктах мониторинга (на отдельных гидропостах).

Геометрически правильные сетки – частные карты, характеризующие состояние компонентов среды по отдельным ингредиентам. Недостаток – случайный характер сетки по отношению к организации внутреннего пространства. Пример: агрохимическая картограмма степени засоления почв орошаемых участков.

Политико-административное и хозяйственное деление – используют, когда исходными данными служат материалы официальной статистики.

Достоинства: простота подхода в методическом отношении, соответствие текущим запросам отдельных категорий потребителей картографической продукции, простота построения карт такого типа (картограммы и картодиаграммы, отражающие средние и суммарные показатели, получаемые на основе элементарной обработки типовых форм учета) способствует высокой оперативности их создания.

Недостатки подхода: высокое качество принимаемых на основе подобных карт управленческих решений находится под сомнением, поскольку средние и суммарные показатели затушёвывают различия внутри единиц районирования и создают иллюзию контрастов на их границах, что географически некорректно. Однако, использование может быть оправданным в случаях, когда картографируемый показатель решающим образом зависит от антропогенных факторов и является контролируемым административно. Однако и в этом случае необходим учет не только административного, но и функционального деления территорий (например, отнесение количеств удобрений и пестицидов только к площади обрабатываемых земель).

Бассейновый подход наиболее удобен, когда объектами картографирования являются водотоки, экзогенные геодинамические процессы и весь комплекс связанных с тем и другим вопросов.

Достоинства подхода: разделяющие речные бассейны водоразделы образуют барьеры для транспортировки поллютантов с поверхностным и грунтовым стоком, а при достаточной морфологической выраженности – и для воздушного переноса в наиболее загрязненном приземном слое; в условиях преобладающего долинного типа расселения бассейны в значительной

степени совпадают с контурами хозяйств, характеризующихся разными типами и уровнями антропогенной нагрузки.

Недостатки подхода: неоднородность бассейнов, каждый из которых представляет собой закономерное сочетание водораздельных, склоновых и долинных ландшафтов (при равнинном рельефе и значительной ширине однородных в ландшафтном отношении междуречных пространств выделение водораздельных линий становится не вполне корректной задачей).

Ландшафтно-географический подход (ориентация на единицы физико-географического или ландшафтного районирования) в наибольшей степени отвечает задачам экологического картографирования, так как понятия трансформированности и устойчивости ландшафта вторичны по отношению к самому ландшафту; их характеристика возможна только в пределах некоторой пространственной общности, образованной сочетанием и взаимодействием геокомпонентов.

Недостаток подхода заключается в том, что выбор определенного (т.е. единственного из бесконечно многих) природного рубежа в качестве границы ландшафтов – волевой акт, и ввиду этого неизбежно субъективен.

Отсутствие территориальных единиц становится возможным при непрерывной количественной характеристике на основе применения способа изолиний (подробнее в подразделе 3.3.). Преимущества этого подхода связаны с отсутствием осреднения показателей по площади при отказе от наперёд заданных границ.

5. Дифференциация пространства достигается за счёт выделения градаций и составления шкал показателей отображаемой информации.

Наиболее распространённые методы классификации данных: естественных границ, равные интервалы, квантили, стандартное отклонение и др.

Естественные границы (по Дженксу) осуществляют поиск существенных различий между соседними парами данных. Классы основаны на естественных группах, присущих данным. Границы классов создаются таким образом, чтобы наилучшим образом сгруппировать сходные значения и максимизировать различия между классами. Классификация методом естественных границ индивидуальна для конкретных данных и не подходит для сравнения нескольких карт, построенных на различной исходной информации.

Метод равного интервала разделяет диапазон атрибутивных значений на поддиапазоны равного размера. Метод применяется в случае, если изменение количественного признака внутри изучаемой совокупности происходит равномерно, и его вариация проявляется в сравнительно узких границах. При стандартном распределении данных такой метод не подходит, так как большинство данных попадут в «средний» диапазон, а ряд классов останутся пустыми. Метод равных интервалов наиболее подходит для известных диапазонов значений, например, процентов или температур. Он

акцентирует внимание на величине значения атрибута относительно других значений.

Метод квантиля – разбивает данные на классы с одинаковым количеством значений данных (объектов). Такая классификация хорошо подходит для линейно распределённых данных. При использовании метода квантиля не бывает пустых классов или классов, содержащих слишком малое или слишком большое количество значений. Однако, поскольку при классификации объекты сгруппированы по принципу их одинакового количества в каждом классе, полученная карта может ввести в заблуждение. Похожие объекты могут попасть в разные классы, а объекты с существенно различающимися значениями могут оказаться в одном классе. Минимизировать такое искажение можно, увеличивая число классов.

Классификации на основе *статистического распределения* значений обеспечивает другое представление данных. Такая визуализация может использоваться для определения выпадающих и ошибочных данных. Например, среднее квадратичное отклонение показывает, насколько значение атрибута объекта отличается от среднего значения. Среднее значение и стандартное отклонение вычисляются автоматически. Границы классов строятся с равными диапазонами значений, пропорциональными стандартному отклонению (обычно в интервалах один, половина, одна треть или одна четверть), используя средние значения и стандартное отклонение от среднего.

2.2. Экологическое картографирование. Классификация экологических карт

Экологическое картографирование – тематическое направление в области картографии, совокупность приемов и методов сбора, анализа и графического представления пространственной информации о состоянии окружающей среды, различных аспектах взаимодействия человека (или других биологических видов) и природы (Стурман В. И.).

В историческом плане современное экологическое картографирование возникло и развилось на базе теоретических установок и методических приемов, относящихся к разным направлениям тематического картографирования. Предшественниками экологических можно считать карты, созданные на основе биоцентрического и антропоцентрического подходов.

Биоцентрический подход базируется на классическом геккелевском понимании предмета экологии и нацелен на картографическое исследование взаимосвязей между биологическими видами и средой их обитания. Реализация биоцентрического направления сдерживается пространственной неопределенностью понятия экосистемы (может быть применено к болотной кочке, участку леса, биосфере в целом), а также отсутствием чётких экологических критериев для сравнения реально существующего с

допустимым и желательным (например, в отличие от критериев ПДК для человека).

Другим «источником и составной частью» экологического картографирования (антропоцентрическое направление) стали прикладные работы по учету природных ресурсов, оценке экологической обстановки и разработке путей её оптимизации. Эти работы отличаются от биоцентрических тем, что оценки состояния среды выполняются с точки зрения воздействия факторов окружающей среды на здоровье человека и возможности хозяйственного использования природных ресурсов.

Антропоцентрический подход по своему содержанию ближе к традиционному географическому, при котором биота рассматривается как один из равноправных компонентов ландшафта. На картах, относящихся к данному направлению, обычно содержатся сведения о ландшафтах территории, особо охраняемых природных территориях и объектах, источниках и последствиях антропогенного воздействия на среду (объёмы и состав выбросов и сбросов загрязняющих веществ, уровни и ареалы загрязнения). Соотношения антропоцентризма и биоцентризма дифференцированы по разновидностям экологических карт: гигиенические и экономические оценки антропоцентричны, а охрана природы биоцентрична по определению.

Элементы экологических карт. Экологические карты содержат в себе элементы, свойственные всем географическим картам. К ним относятся:

Математическая основа – картографическая проекция, выражающая аналитическую зависимость между координатами точек поверхности земного эллипсоида и его плоского изображения, масштаб, геодезическая основа (на крупномасштабных картах) и компоновка. С картографической проекцией связана координатная сетка, которая на некоторых картах отсутствует, если карта является схемой или изображает небольшую территорию и эта карта не предназначена для измерений.

Картографическое изображение, т.е. содержание карты – основной элемент любой географической карты. Оно состоит из физико-географических элементов (гидрография, рельеф, растительность и грунты) и социально-экономических (населенные пункты, пути сообщения и средства связи, объекты экономики и культуры, политического и административного деления).

Вспомогательное оснащение – легенда (условные обозначения и текстовые пояснения к ним), картографические графики для измерений по картам, справочные данные (название карты, автор, редактор, использованные источники, издательство, место и год издания и др.).

Дополнительные данные – карты-врезки, профили, текстовые и цифровые данные, диаграммы, графики, фотографии, таблицы, которые поясняют, дополняют и обогащают картографическое изображение.

Классификация экологических карт. В качестве критериев классификации экологических карт используются различные признаки и их

сочетания. Классификации могут быть основаны на обобщении фактически существующих картографических материалов либо на теоретических предположениях.

На высших уровнях классификации применяются универсальные критерии:

- содержательная концепция;

- степень интеграции информации (частные и общие, аналитические и синтетические, элементарные и комплексные карты);

- временные аспекты (карты современного состояния, потенциальных состояний, ретроспективные, прогнозные).

Основные критерии классификации карт включают:

- тематическое содержание;

- функции;

- целевое назначение.

Вторичные критерии – масштаб, территориальный охват, временная частота (повторяемость), технология составления, форма разработки и картографического представления.

В зависимости от приёмов исследования карты могут быть:

- аналитическими (показывающими отдельные стороны процесса без отражения взаимосвязей с другими его сторонами);

- синтетическими (дающими целостную характеристику процесса и учитывающими структуру и связи составных частей картографируемого объекта);

- комплексными (отображающими одновременно несколько свойств явления, но отдельно, каждое в своих показателях).

Деление карт по тематике – один из самых распространенных подходов при систематизации массива экологических карт.

Л. Е. Смирнов (1994) делит карты на следующие виды, содержащие ряд разновидностей:

- состояния природной среды (карты оценки природной среды и неблагоприятных условий; карты, предупреждающие о риске стихийных бедствий; карты нарушений состояния природной среды);

- охраны природы (карты заповедных территорий и карты природоохранных мероприятий);

- природопользования (представлены одной разновидностью – картами использования земель).

Учёные Института географии Сибирского отделения Российской академии наук предлагают следующие классы экологических карт:

- факторов и условий среды (физико-географические карты, характеризующие условия жизнедеятельности; карты природно-ресурсного и экологического потенциала территорий; устойчивости геосистем);

- процессов (распространения загрязнений, миграции, эрозии, опасных природных явлений);

состояний (современного и прогнозируемых, в том числе карты антропогенных изменений);

карты проблем (остроты экологических ситуаций);

карты организации охраны природы и ресурсопользования (контроля и управления природопользованием).

Функциональное деление экологических карт, проведенное С. Е. Сальниковым (1993), предусматривает 4 основные группы:

инвентаризационные (констатационные) карты – фактологические, показывающие состояние и нарушение природной среды в конкретных качественных и количественных характеристиках;

оценочные карты, содержащие оценки состояния и нарушений природной среды по соответствующим нормам и нормативным показателям по отношению к человеку и биоте в целом как основному экологическому «субъекту»;

оценочно-прогнозные (прогнозные) карты, содержащие прогноз состояния и оценку прогнозируемого состояния природной среды вследствие планируемых или проектируемых воздействий с учетом природных свойств ландшафтов;

рекомендательные карты, направленные на оптимизацию и гармонизацию отношений в природной среде, предотвращение или смягчение неблагоприятных явлений и их последствий.

Классификация экологических карт *по назначению* предложенная В. И. Стурманом (2003):

карты для научно-исследовательских работ природоохранной направленности (с дальнейшим подразделением сообразно структуре научных дисциплин об окружающей среде и её охране);

карты для практической природоохранной деятельности (в том числе инвентаризационно-оценочные, прогнозные, рекомендательные, контрольные);

карты для экологического просвещения, образования и воспитания.

Обобщая существующий опыт, в качестве примера можно привести классификацию экологических карт Л. М. Коротного, охватывающую практически всю совокупность их важнейших характеристик. Им выделены следующие группы карт:

по направлению – антропоцентрические и биоцентрические;

по полноте охвата связей – частные, комплексные;

по содержанию – карты факторов или условий, процессов, состояния, проблем и ситуаций, организации охраны природы и ресурсопользования;

по характеру представления информации и уровню анализа – инвентаризационные, оценочные, прогнозные, рекомендательные;

по предназначению – базовые, оперативные;

по ячейке картографирования – карты административных единиц, ландшафтов, бассейнов, природно-хозяйственных, экологических или ресурсных ареалов, без ячейки.

по пространственному уровню, масштабу – локальные (1:1 000 – 1:25 000), межрегиональные (1:50 000 – 1:200 000), макрорегиональные (1:250 000 – 1:2 500 000), глобальные (мельче 1:5 000 000);

по категории пользователей – научно-поисковые, производственные;

по способу представления информации – бумажные, электронные.

2.3. Картографические способы изображения, применяемые в экологическом картографировании

Картографическая семиотика (картосемиотика) – особый раздел науки, сформировавшийся на стыке картографии и семиотики – лингвистической науки, исследующей свойства знаков и знаковых систем, в рамках которой разрабатывается общая теория систем картографических знаков. В ней изучается довольно обширный круг проблем, касающихся происхождения, классификации, свойств и функций картографических знаков и способов картографического изображения.

Основная задача картографической семиотики – разработка языка карты, т.е. знаковой системы, включающей условные обозначения, способы изображения, правила их построения, употребления и чтения при создании и использовании карт.

Объекты экологического картографирования и их локализация. Всё множество объективно существующих природных и общественных явлений, отображаемых на картах, с картографической точки зрения, подразделяется на 5 больших групп, в зависимости от характера пространственной локализации:

явления, *локализованные в пунктах* (места отбора проб, посты мониторинга, предприятия и города на мелкомасштабных картах), для которых объектом показа являются их точные местоположения и иногда, качественные или количественные характеристики;

явления, *локализованные на линиях* (реки, дороги, трубопроводы, различные границы), для которых объекты показа – точные местоположения, качественные и количественные характеристики;

явления, *локализованные на площадях*, т.е. присутствующие на одних частях картографируемой территории и отсутствующие на других (предприятия, вырубки, шламохранилища, водоохранные полосы, ООПТ), для которых объектом показа на картах служат районы распространения и, иногда, качественные или количественные характеристики;

явления *сплошного распространения* (атмосфера и её характеристики, горные породы и их свойства), для которых объект показа на картах не факт наличия, а пространственная изменчивость качественных или количественных характеристик;

явления *рассеянного распространения*, т.е. состоящие из множества мелких объектов, индивидуальный показ которых невозможен (например, биологические виды, посевы сельскохозяйственных культур), для которых

объектом показа также являются, главным образом, территории и плотность распространения.

Графические средства на экологических картах применяются те же, что и на картах иной тематики, – немасштабные (значковые, буквенные и цифровые), линейные, площадные. При разработке легенд графические средства перечисленных групп реализуются в виде многочисленных графических переменных – элементарных обозначений, различающихся по форме, размеру, ориентировке, цвету, насыщенности цвета, внутренней структуре изображения.

Соотношения типа локализации картографируемых явлений, характера информации (качественный или количественный) и примененных графических средств образуют способы картографических изображений (табл. 1).

Таблица 1. Система способов картографических изображений (по Стурману В. И., с дополнениями)

Тип локализации явления на местности	Условные обозначения					
	Внемасштабные		Площадные		Линейные	
В пунктах	Значки		Картограммы	-	-	
На линиях	Знаки движения (векторы)	Локализованные диаграммы		-	Линейные знаки	
Сплошное распространение				Точечный	Качественный фон	
					Изолинии	
					Количественный фон	
Рассеянное распространение		-		Качественный фон		
На площадях				Количественный фон		
				Ареалы		
			Псевдоизолинии			
Характер передаваемой информации	Качественный		Количественный		Качественный и количественный	

В экологическом картографировании употребляют те же способы картографических изображений, что и в других тематических областях;

специфика заключается лишь в содержательных особенностях картографируемых явлений.

Картографические способы изображения, применяемые в экологическом картографировании. Для показа размещения, качественных и количественных характеристик экологических показателей, их взаимосвязей и динамики используются традиционно наиболее употребительные способы картографического изображения: значки (внемасштабные знаки), линейные знаки, изолинии, качественный фон, ареалы, картограммы и картодиаграммы; реже употребляются точечный способ, линии движения, локализованные диаграммы. Теоретически возможно применение способа количественного фона, однако, как показано ниже, особенности объектов экологического картографирования не создают благоприятных предпосылок для употребления этого способа.

Чтобы грамотно выбирать способы изображения для того или иного объекта экологического картографирования, специалист, занимающийся составлением карт, должен хорошо представлять возможности и пределы применения каждого способа.

Способ значков используется для передачи планового положения, количественных и качественных характеристик объектов, по своим размерам не выражающихся в масштабе карты, но имеющих чёткую точечную локализацию. Форма и цвет значка чаще всего несут качественную информацию об изображаемом объекте, а размер и внутренняя структура – количественную информацию.

В экологическом картографировании значками обозначаются пункты мониторинга и места отбора проб, места обитания редких видов флоры и фауны, памятники природы и другие небольшие по геометрическим размерам, но важные для содержания карт объекты. На мелкомасштабных картах структурными значками обозначаются объёмы и состав выбросов и сбросов загрязняющих веществ от городов и крупных промышленных объектов, либо перечень и степень остроты экологических проблем городов.

Способ линейных знаков используется для передачи линий в их геометрическом понимании: границ, береговых линий, тектонических нарушений. Иногда этот способ путают со способом знаков движения. Необходимо отметить особенность способа линейных знаков: он должен показывать либо линии, реально существующие в природе (например, реки, дороги), либо линии протяжённости вытянутых статичных или динамичных объектов (хребты на орографических картах). Перемещение динамичных объектов (например, атмосферных фронтов) можно передавать системой линейных знаков, отнесенных к разным датам. В целом линейные знаки как способ изображения следует отличать от линий как изобразительных средств, относящихся к другим способам изображений (изолинии, границы ареалов и выделов).

Линейные знаки могут передавать количественные и качественные характеристики. Количественные показатели (среднегодовой расход воды в

реках) передаются с помощью ширины линии или полосы, а качественные (принадлежность к бассейну реки или моря) – структурой линии, цветом. Ориентировка линейных знаков отображает реальное положение линии на местности.

В экологическом картографировании способ линейных знаков употребляют для показа линейных источников воздействия на окружающую среду: автомобильных и железных дорог, трубопроводов, ЛЭП и иных транспортных коммуникаций, а также линейно вытянутых реципиентов воздействий, таких как реки, в том числе с характеристикой качества воды и состояния экосистем.

Способ качественного фона используется для качественной характеристики явлений сплошного (почвы, геологическое строение, ландшафты) или, реже, рассеянного распространения (население, народы). При его использовании территория делится на качественно однородные контуры (выделы), которые окрашиваются или штрихуются в соответствии с качественной характеристикой.

Графическим средством в данном способе могут служить цвет (ровные фоновые окраски разных цветовых тонов, разных степеней светлоты, насыщенности), полутона, штриховки различных рисунков и интенсивности, заполняющие обозначения, буквенно-цифровые индексы (но из-за малой наглядности они широкого распространения не получили и применяются главным образом как дополнительное обозначение, разновидность пояснительной подписи).

Границы выделенных контуров при реализации этого способа могут быть барьерными, чёткими, т.е. при переходе через них качественный признак меняется резко. Но чаще бывает так, что выделенная граница бывает переходной, условной, т.е. изменение качества происходит постепенно. В последнем случае давать рисунок границ между участками чётким линейным знаком нецелесообразно, лучше использовать полосчатую окраску.

В экологическом картографировании способ качественного фона один из самых употребительных. Он образует основное содержание на картах оценки экологических ситуаций, используется на комплексных экологических картах для показа распространения ландшафтов и характера использования земель, устойчивости ландшафтов к техногенным нагрузкам и т.п.

Способ количественного фона применяется для показа количественных характеристик. Однако в природе практически отсутствуют такие явления, которые имели бы одинаковые количественные значения в пределах каких-то контуров и резко меняли их на границах.

Способ изолиний. Изолинии, т.е. линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями каких-либо количественных показателей, используются для количественной характеристики сплошных и постепенно изменяющихся в пространстве явлений, таких как температура воздуха, количество осадков, рельеф. С точки зрения использования изобразительных средств здесь преобладают линии различных структур, цветов и ширины и

площадные фоны для послойной окраски промежутков между определенными изолиниями – ровные фоновые окраски либо штриховки на черно-белых картах.

Подбор цветов для послойной окраски должен учитывать содержание картографируемых явлений. Так, на гипсометрических картах используется шкала, которая дает зрительную иллюзию приближения высоких ступеней. В экологическом картографировании принят «принцип светофора» – сочетание оттенков зелёного, жёлтого и красного цветов, сменяющих друг друга по мере обострения экологической обстановки. При необходимости шкалу дополняют синими и голубыми тонами для наиболее чистых мест, оранжевыми или розовыми для промежуточных ступеней и бордовыми для самых неблагоприятных.

К числу достоинств способа изолиний также относится его простота и доступность. На картах, построенных с помощью данного способа, легенды бывают очень просты по содержанию и обычно сводятся к шкалам.

Способ изолиний очень удобен для применения количественных методов обработки, преобразования и анализа картографических изображений: определения характеристик заданных контрольных точек и расчета статистических зависимостей и эмпирических уравнений, сложения и вычитания изолиний, разложения на составляющие и др. Поэтому с помощью данного способа могут передаваться и явления, по своему содержанию неподходящие или малоподходящие для данного способа. Для количественной характеристики явлений, имеющих ограниченное по площади распространение (например, источники выбросов и сбросов), могут быть использованы *псевдоизолинии*. Псевдоизолинии как бы распространяют дискретные явления (выбросы и сбросы) на всю площадь картографирования и таким образом приводят их к виду, удобному для сопоставления с другими количественными характеристиками.

В экологическом картографировании способ изолиний – один из наиболее употребительных. С его помощью картируют многочисленные физико-географические параметры, частные и общие количественные характеристики загрязнения и устойчивости компонентов природной среды к загрязнению, интенсивность геодинамических процессов и др.

Способ ареалов используется для передачи области распространения явлений, имеющих ограниченное по площади распространение, причем в пределах этой площади картографируемое явление может быть дискретным (т.е. встречаться в изолированных пунктах и на участках), сплошным или рассеянным. Главное отличие способа ареалов от способа качественного фона: во-первых, – тип локализации, во-вторых, – необязательность рисовки границ. По отношению к используемым условным обозначениям способ ареалов универсален: он может быть реализован с помощью немасштабных рисунков (не имеющих четкой координатной привязки), линейных или площадных обозначений и даже буквенно-цифровых индексов. Способ ареалов в «чистом виде», как правило, не несёт информации о конкретных качественных или

количественных характеристиках, он отображает форму и местоположение площади распространения картографируемого явления, поэтому с определенной долей условности характер передаваемой информации можно считать качественным.

В экологическом картографировании способ ареалов применяется по своему прямому назначению: для показа ареалов биологических видов, особо охраняемых природных территорий, участков распространения определенных видов загрязнения, геодинамических процессов.

Точечный способ используется для передачи явлений рассеянного распространения (сельское население, поголовье скота, посевные площади). Изобразительным средством является множество точек одинакового размера, каждая из которых имеет определенный «вес» – значение количественного показателя.

В экологическом картографировании точечный способ пока практически не нашел применения. Возможно его использование для показа распространения редких и охраняемых либо опасных для человека видов.

Способ локализованных диаграмм используется для передачи на карте сезонной или иной динамики явлений, имеющих сплошное или линейное распространение. Динамика явлений изображается с помощью графиков или диаграмм, характеризующих явление в пунктах его изучения.

В экологическом картографировании способом локализованных диаграмм передается сезонная, межгодовая или иная изменчивость показателей заболеваемости, концентрации отдельных веществ, общих уровней загрязнения атмосферы или гидросферы, условия рассеяния или потенциала самоочищения.

У способов значков и локализованных диаграмм есть общая черта: рисунки, выражающие количественные и качественные особенности объектов, на карте оказываются привязанными к точке. Однако при использовании способа значков этой точкой является пункт фактической локализации явления, а при использовании способа локализованных диаграмм – пункт наблюдения за явлением (метеостанция, гидропост и т.п.).

Способ картодиаграмм предполагает изображение суммарной величины каких-либо явлений с помощью графиков или диаграмм, помещаемых внутри единиц территориального деления, чаще всего административного. При использовании этого способа карта в целом показывает распределение явления по исследуемой территории. Тип локализации явления в данной ситуации может быть любым, но с учетом жесткой привязки количественной информации к площади административно-территориальной или какой-либо другой ячейки. Условно его можно считать ограниченным по площади.

Картодиаграммы, так же как и картограммы, географически несовершенны по содержанию, поскольку не позволяют отражать различия характеристик внутри территориальных единиц и создают иллюзию резких перепадов на их границах. Однако картодиаграммы очень легко и быстро

поддаются автоматизированному построению и их использование оправдано, если требуется быстро получить территориальное распределение статистических данных. По своему содержанию этот способ можно рассматривать как статистическую таблицу, наложенную на схематическую карту.

Несмотря на отмеченные недостатки, способ картодиаграмм пользуется широким распространением в экологическом картографировании, особенно в официальных изданиях. Картодиаграммами показываются объёмы выбросов и сбросов, количество отходов, объёмы внесения удобрений и пестицидов и т.д., заболеваемость по единицам территориального деления.

Картограммы графически передают среднюю интенсивность какого-либо явления (т.е. количественную характеристику) в пределах определенных территориальных единиц, чаще всего административных, не связанных с действительным распространением этого явления в природе. Таким образом, тип локализации отображаемого явления может быть любым: точечным, линейным, сплошным, рассеянным, ограниченным по площади, но графическая интерпретация «привязывает» количественную информацию к ограниченной площади, по аналогии со способом картодиаграмм.

Знаки движения (линии движения, векторы) используются для показа перемещений объектов различной локализации. Движение точечных объектов создает линию (например, маршрут экспедиции), движение воздушных масс образует сплошное повсеместное перемещение в пространстве, миграция животных имеет рассеянный характер распространения, океанические и морские течения создают перемещение, ограниченное по площади.

Основным средством при передаче такого рода информации являются векторы (стрелки) разных форм и величины, которые могут нести качественные и количественные характеристики. Локализация векторов может показывать и реально существующие линии передвижения, в частности если они даются параллельно путям сообщения, и абстрактные, например: связи культурные, финансовые и т.п. Ориентировка векторов в этой ситуации определяется фактическим направлением движения (реальным или абстрактным).

Качественные характеристики передаются с помощью формы, цвета и структуры вектора, а количественные – с помощью размеров (длины и ширины).

В экологическом картографировании способ знаков движения употребляется сравнительно редко. С его помощью чаще передаются направления распространения загрязняющих веществ, пути миграции животных.

Надписи на экологических картах. Надписи – важный элемент содержания, присущий всем географическим картам, за исключением немых. Они поясняют изображаемые объекты, обозначают их количественные и качественные характеристики, дают справочные сведения.

Все надписи подразделяются на три группы: топонимы, термины и пояснительные надписи.

Топонимы – собственные географические названия (имена) объектов (оронимы, гидронимы, зоонимы и др.).

Термины – понятия, определяющие роль географического объекта (например, возвышенность, залив, область и т.п.).

К пояснительным надписям относятся: качественные характеристики («берёза», «ель», «деревянный»), количественные характеристики (абсолютные и относительные высоты, глубины и др.); хронометрические надписи (даты основания, наступление каких-либо явлений); пояснения к знакам движения («Бразильское течение», «из России (Торжка)»); оцифровка меридианов и параллелей и пояснения к линиям координатной сетки («Южный полярный круг», «Северный тропик»).

Определение оптимального количества надписей, правильное их размещение и написание – важная задача составителя карты. Отбор надписей определяется назначением, тематикой, масштабом карты и характером картографируемой территории.

Надписи на картах могут различаться характером шрифта, набора, размером букв, цветом, выделением заглавных букв. Обычно размером шрифта определяют величину или относительное значение объектов (например, крупный промышленный пункт), формой и цветом шрифта отображают качественные различия объектов.

Надписи следует правильно размещать: они не должны закрывать условные знаки и по возможности не пересекать контуры, не быть перевернутыми и хорошо читаться на цветном фоне и т.п.

2.4. Использование ГИС-технологий в визуализации экологической информации

Географическая информационная система (ГИС) или Geographic Information System (GIS) – это совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающих ввод, хранение, анализ и графическую визуализацию пространственных (географических) данных и связанной с ними информации (атрибутивных данных) о необходимых объектах.

ГИС должны выполнять следующие основные функции:

функции автоматизированного картографирования;

функции пространственного анализа;

функции управления данными.

Функции автоматизированного картографирования обеспечивают работу с картографическими данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства высококачественных карт и рисунков.

Функции пространственного анализа обеспечивают совместное использование и обработку картографических и атрибутивных данных в интересах создания производных картографических данных и выполнения пространственного анализа.

Функции управления данными должны обеспечивать работу с атрибутивными (неграфическими) данными ГИС с целью их отбора, обновления и преобразования для производства стандартных и рабочих отчетов.

Наиболее широкие перспективы в области компьютерной визуализации экологической информации предоставляет возможность проведения *пространственного анализа* с помощью ГИС.

Типовой набор ГИС-инструментов включает создание слоев пространственной информации по исследуемой территории, визуализацию, редактирование, комбинирование и анализ, создание и редактирование легенд и таблиц атрибутивных данных (например, высота зданий, тип дорожного покрытия, вид растительности и т.д.), построение диаграмм, оформление компоновок карт.

Использование ГИС также обеспечивает традиционный анализ таблиц: запросы, сортировки, выборки. В целом пользователь получает мощный инструмент по визуализации результатов и выполнению пространственных запросов. Очень удобно, перемещаясь по записям в таблице, сразу отображать на карте объект, соответствующий текущей записи. Используя механизм создания тематических карт, можно составлять любые картограммы – типов почв, видов растительности и т.д. Выделение цветом по тем или иным параметрам позволяет сразу увидеть критические места на изучаемой территории, например, превышение концентрации выбросов загрязняющих веществ, свалки отходов и т. д.

Типовые задачи по анализу территории, решаемые с помощью ГИС, можно сгруппировать следующим образом:

Автоматизированное отображение позиции геообъекта на местности. ГИС размещает заданный географический объект на местности согласно введенным в компьютер данным по географическим координатам – географической широте и долготе с учетом географической проекции. Например, карта расположения мини-полигонов отходов по административным областям Республики Беларусь.

Автоматизированное построение тематических ГИС-картограмм по значениям атрибутов геообъектов. ГИС выполняет автоматизированное построение тематических картограмм по любым значениям как всех, так и выбранных геообъектов. Например, автоматизированное построение масштабируемых пунсонов городов в зависимости от общей численности населения в них.

Автоматизированное построение тематических ГИС-карт характеристик плотности в виде изолиний или непрерывных грид-поверхностей. Например, построение карт плотности радиационного загрязнения территории.

Автоматизированный расчет расстояний, площадей, периметров, буферных зон геообъектов. Например, расчет площадей земельных участков, их периметров.

Автоматизированный поиск места по критериям для размещения любого техногенного объекта. ГИС выполняет автоматизированное сложение и вычитание полигонов, позволяющее «шаг за шагом» оценивать по установленному списку критериев условия местности. Например, поиск места для размещения электростанции или склада удобрений

Автоматизированное построение моделей рельефа с выделением водосборных территорий, расчетов уклонов, экспозиций, отмывок.

Автоматизированные расчеты маршрутов передвижения всех видов транспортных средств с отслеживанием позиции в режиме реального времени.

Классификация состояния территории по поверхностям, например, по растровым моделям, космоснимкам.

Обобщая, можно сказать, что создание ГИС позволяет решать несколько классов задач. Первым, наиболее распространенным классом задач являются информационно-справочные задачи, которые позволяют осуществлять поиск и уточнение местоположения и характеристик интересующих геообъектов.

Второй класс – это задачи анализа, моделирования и прогнозирования природных и техногенных процессов. Решение этих задач позволит в удобной и наглядной картографической форме (на мониторе или на бумажном носителе) получать обобщенную или детализированную информацию. Примерами компьютерного моделирования могут быть карты зонирования (например, урожайности сельскохозяйственных культур или др.) или моделирование зон затопления при очень высоком уровне воды в реке, моделирование аварийных разливов и их влияние на объекты инженерно-транспортной инфраструктуры в зоне возможного затопления и многие другие.

Важным прикладным аспектом ГИС для экологических целей является возможность проведения всевозможных расчётов. Например, функция вычисления уклона используется для определения риска эрозионных процессов; функция вычисления экспозиции склонов полезна при определении участков под конкретные сельскохозяйственные культуры; функция отмывки рельефа используется как для реалистичного отображения поверхности рельефа, так и для анализа освещенности местности в различное время дня и др.

Программная реализация ГИС: ArcGIS (ArcMap), MapInfo, а также альтернативные ГИС с открытым исходным кодом (свободное программное обеспечение): QGIS, gvSIG, GRASS и др.

ArcGIS – комплекс геоинформационных программных продуктов американской компании ESRI. Семейство программных продуктов компании ArcGIS получило широкое распространение в мире и, в частности, в СНГ. Название ESRI – это аббревиатура от Environmental Systems Research Institute, что переводится как «Институт исследования систем окружающей среды».

ArcGIS Pro – это многофункциональное программное обеспечение, которое поддерживает визуализацию данных в 2D, 3D и 4D, позволяет проводить их расширенный анализ. Применяются главным образом для земельных кадастров, в задачах землеустройства, учёта объектов недвижимости, систем инженерных коммуникаций, геодезии и недропользования, а также в других областях. Широкие возможности пространственного анализа и обширный набор инструментов для создания картографических материалов предопределили возможность использования ArcGIS и в экологическом картографировании.

MapInfo Pro – ГИС, предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных. Локализованная версия, производится в России. MapInfo Pro поддерживает все распространённые форматы данных, включая офисные форматы, такие как Microsoft Excel, Access, форматы реляционных и пространственных баз данных (Oracle, Microsoft SQL Server, PostGIS, SQLite), форматы графических данных (AutoCAD DXF/DWG, SHP, DGN) и многие другие. Инструментарий MapInfo Pro для создания и редактирования графических и табличных данных позволяет быстро и удобно вносить изменения как на картах, так и в семантические данные. Инструменты анализа позволяют делать пространственные запросы, оверлейные операции, строить буферные зоны. Встроенный мастер публикации данных с возможностью настройки совместного доступа упрощает задачу обмена информацией.

QGIS (первоначально известная как Quantum GIS) – свободная кроссплатформенная ГИС, работает в Windows и в большинстве платформ Unix, поддерживает множество векторных и растровых форматов и баз данных, а также имеет богатый набор встроенных инструментов. Возможности данной ГИС включают просмотр, исследование данных и компоновку карт, управление данными (создание, редактирование и экспорт в разные форматы), анализ данных и возможность публикации карт в интернете.

2.5 Современные направления в области визуализации экологической информации

Компьютерная визуализация информации – это стремительно развивающееся направление в компьютерной графике. На него влияют многие сферы жизнедеятельности населения, поэтому содержание данной дисциплины постоянно пополняется новыми аспектами. Тем не менее, можно выявить наиболее перспективные на сегодняшний день направления развития визуализации информации, которые можно реализовать в предметной области экологии. Это использование ресурсов интернета (веб-картографические сервисы, маркетинг в социальных сетях) и мультимедиа (в частности, компьютерная анимация).

Применение этих форм визуализации информации может позитивно сказаться на популяризации экологического мышления у широкого населения, некоторых аспектах учебного процесса, а также на эффективности научных исследований и представления их результатов заинтересованным сторонам. Прежде всего, перспективные направления развития визуализации экологической информации могут:

- стимулировать когнитивные аспекты обучения, такие как восприятие и осознание информации;

- повысить мотивацию обучаемых и заинтересовать широкие слои населения;

- развить у обучаемых более глубокий подход к обучению, помочь в формировании более глубокого понимания предмета;

- содействовать продвижению научных идей в области экологии среди лиц-неспециалистов, принимающих управленческие и др. решения в области охраны окружающей среды.

Мультимедийные продукты и ресурсы интернета позволяют:

- одновременно использовать несколько каналов восприятия, что позволяет достичь интеграции информации, доставляемой различными органами чувств;

- имитировать эксперименты и сложные реальные ситуации;

- визуализировать абстрактную информацию и динамические процессы;

- развивать когнитивные структуры, сводить разнообразные материалы в единый контекст и формировать системную интерпретацию материала для всех заинтересованных сторон.

Использование компьютерной анимации в экологии

Мультимедийные технологии – новые информационные технологии, обеспечивающие работу с анимированной компьютерной графикой и текстом, речью и высококачественным звуком, неподвижными изображениями и движущимися видео.

Анимацией называется искусственное представление движения путём отображения последовательности рисунков или кадров с частотой, при которой обеспечивается целостное зрительное восприятие образов. Изображение начинает превращаться в анимацию при частоте смены кадров более 16/сек.

Синоним «анимации» – «мультипликация» – очень широко распространён. Анимация и мультипликация – это лишь разные определения одного и того же вида искусства. Термин мультипликация произошёл от латинского слова «мульти» – много и соответствует традиционной технологии размножения рисунка, ведь для того, чтобы персонаж «ожил», нужно многократно повторить его движение: от 10 до 30 рисованных кадров в секунду. Принятое в мире профессиональное определение «анимация» (в переводе с латинского «анима» – душа, «анимация» – оживление, одушевление) более точно отражает все современные технические и

художественные возможности анимационного кино, ведь мастера анимации не просто оживляют героев, а вкладывают в их создание частичку своей души.

Не вдаваясь подробно в историю анимации, следует отметить, что человечество на протяжении всего существования пыталось отразить движение в своем искусстве. Первые попытки передачи движения в рисунке относятся примерно к 2000 г. до нашей эры (Египет). К X-XI вв. относятся первые упоминания о китайском театре теней – типе зрелища, визуально близком будущему анимационному фильму. В XV в. появились книжки с рисунками. Свернутые в рулон, а затем мгновенно разворачивавшиеся, они создавали иллюзию движения.

Попытки найти способы оживления рисунков посредством специальных аппаратов предпринимались задолго до появления кинематографа: фенакистископ Жозефа Плато (1832 г.), съемка последовательных фаз движения Эдварда Мюйбриджа (1870 г.), праксиноскоп Эмиля Рейно (30 августа 1877 г. можно считать днем рождения анимации, так как именно в этот день в Париже был запатентован данный аппарат).

Изобретение братьев Люмьер, которые в 1895 г. разработали конструкцию киноаппарата для съёмки и проекции движущихся фотографий было названо ими кинематографом. Его рождение вытеснило мультипликацию. На некоторое время её предали забвению, увлекшись перспективами быстро развивающейся игровой кинематографии.

Настоящую революцию в мире анимации произвел американский режиссер, художник и продюсер Уолт Дисней. В 1923 г. он выпускает серию «Алиса в стране мультипликации». В 1928 г. – звуковой мультфильм «Пароходик Вилли» с героем Микки Маусом.

В Японии первые эксперименты с анимацией начались в 1913 г. Фильмы были выполнены художниками-одиночками, которые пытались обобщить и переиначить опыт американских и европейских мультипликаторов. Так зарождался японский стиль анимации, названный «аниме» от британского «animation». В 20-е годы аниме представляло собой экранизацию классических китайских и японских сказок, нарисованных в стиле традиционной японской графики. В отличие от анимации других стран, предназначенной в основном для просмотра детьми, большая часть выпускаемого аниме рассчитана на подростковую и взрослую аудитории, и во многом за счёт этого имеет высокую популярность в мире.

В 1977 г. выходят «Звездные войны» режиссёра Джорджа Лукаса – первый фильм, в котором широко использовались техники компьютерной анимации. В 1986 г. свет увидел «Люксо младший» (Студия Pixar) – первый короткометражный мультипликационный фильм, нарисованный с помощью 3D техники. А в 1995 г. – «История игрушек» (Студия Pixar) – первый полнометражный мультипликационный фильм, нарисованный с помощью 3D техники.

Основные принципы анимации. В 1981 г. два величайших аниматора студии Дисней (Фрэнк Томас и Олли Джонстон) написали книгу под

названием «Иллюзия жизни». В ней были представлены «12 базовых принципов анимации», которые использовала студия (с 1930 г.) для создания более реалистичной анимации.

Хотя эти основы были разработаны для традиционной мультипликации, они остались неизменными до наших дней и всё еще актуальны в цифровой анимации. Основной идеей принципов является создание иллюзии соблюдения основных законов физики, однако они рассматривают и более абстрактные вопросы, такие как эмоциональность и привлекательность персонажей.

12 основных принципов анимации:

1. Сжатие и растяжение – важнейший принцип, его задачей является создание иллюзии веса и эластичности формы анимируемых объектов. Он может быть применён как к простым объектам (прыгающий мяч), так и к более сложным конструкциям, например мускулатуре человеческого лица. Взятая в крайней точке, сжатая и растянутая в преувеличенной степени фигура может дать выразительный комический эффект. В реалистичной мультипликации, однако, наиболее важным аспектом этого принципа является то, что объём объекта не изменится, если меняется его форма. Если длина мяча растянута по вертикали, то ширина (и глубина в трёхмерном изображении) должна соответственно сокращаться горизонтально.

2. Подготовка к действию – способствует восприятию движения как более реалистичного, так как визуализирует предваряющую его фазу (например, танцор перед прыжком сгибает колени). Этот метод может наполняться не только физическим содержанием: например, взгляд персонажа за пределы экрана может свидетельствовать о том, что ожидается чье-то появление. Особый эффект неожиданности возникает, если упреждающее действие отсутствует.

3. Сценичность – привлечение внимания публики и пояснение, что имеет самое большее значение в сцене, что происходит, и что должно произойти. Джонстон и Томас определили его как «абсолютно ясную и безошибочную подачу мысли», независимо от того, заключается ли мысль в действии, личности, выражении или настроении. Такая ясность может быть достигнута различными средствами, такими как размещение символов в кадре, использование света и тени, угол и положение камеры.

4. Использование компоновок и фазованного движения. Это два различных подхода к процессу рисования. Первый – прямое движение вперёд, начиная с первого движения персонажа в сцене, последовательно делая рисунок за рисунком, что-то придумывая по мере продвижения. Второй подход – использование компоновок: сначала создаются ключевые кадры, а затем заполняются интервалы между ними. Прямая фазовка создаёт более плавную, динамическую иллюзию движения, и лучше подходит для анимации огня, воды и текучих предметов. С другой стороны этим методом трудно сохранять пропорции (в компьютерной графике эта проблема решена). Использование компоновок работает лучше для драматических или

эмоциональных сцен, где композиция и отношение к окружающей среде имеет большее значение. Часто эти методы комбинируются.

5. Доводка (сквозное движение) и захлест действия. Эти тесно связанные техники помогают сделать движение более реалистичным, и создают впечатление, что персонажи подчиняются законам физики. «Доводка» означает, что отдельные части тела будут продолжать движение после того, как персонаж остановился. «Захлест действия» показывает тенденцию частей тела двигаться с различной скоростью (рука и голова при резкой остановке идущего остановятся с разной скоростью).

6. Смягчение начала и завершения движения. Движениям человеческого тела и большинству других объектов нужно время, чтобы ускориться и замедлиться. По этой причине, мультипликация выглядит более реалистичной, если содержит больше рисунков в начале и конце действия, подчёркивающих крайние позы, и меньше в середине. Этот принцип касается как перемещения персонажей между крайними позами, такими как сидение и стояние, так и к движению неодушевлённых предметов.

7. Дуги. Наиболее естественные движения имеют тенденцию следовать дуговой траектории. Это может относиться к конечности, перемещаемой поворотом сустава, или брошенному объекту, движущемуся по параболической траектории. Исключением являются механические движения, обычно следующие по прямой. Чем больше скорость или импульс предмета, тем более пологая получается дуга. Если объект движется не по своей естественной дуге, движение кажется надуманным и дёрганным.

8. Вторичное действие. Добавление вторичных действий к основному придаёт сцене больше жизни, и может помочь поддержать основные действия (например, идущий человек одновременно покачивает руками, он может выражать эмоции с помощью мимики). Важным моментом во вторичных действиях является то, что они подчеркивают, а не отвлекают внимание от основного действия, в противном случае их лучше опустить.

9. Расчет времени (тайминг) – относится к числу рисунков или кадров для каждого действия, что влияет на скорость их подачи на плёнку. На чисто физическом уровне, правильный расчёт времени делает объекты более реалистичными (например, вес объекта решает, как он реагирует на импульс или толчок). Расчёт времени имеет решающее значение для создания настроения персонажа, эмоции и реакции.

10. Преувеличение. Уровень преувеличения зависит от того, стремится ли аниматор выразить реализм или определённый стиль. Классическое понимание студии Дисней подразумевало оставаться верным действительности, но преподносить её в более экстремальной форме. Другие формы преувеличения могут включать в себя сверхъестественные или сюрреалистические изменения в физических особенностях персонажа, или даже сюжете. Важно использовать определённый уровень ограничения при использовании данного принципа.

11. Уверенный рисунок – объект изображается с учётом его формы в трёхмерном пространстве и веса. Аниматор должен быть квалифицированным художником и понимать основы трёхмерного моделирования, анатомии, веса, баланса света и тени и т. д.

12. Привлекательность мультипликационного персонажа соответствует тому, что называется актёрской харизмой. Привлекательный персонаж не обязательно является положительным, важно то, что зритель ощущает реальность и интересность персонажа. Так, для симпатичных персонажей симметричные или подчёркнуто детские лица, как правило, эффективны. Сложные для чтения лица также можно сделать привлекательными через выразительные позы или дизайн персонажей.

Сущность данных принципов лучше всего раскрывается на конкретных примерах анимации (см. электронный информационный источник № 2).

Основные виды анимации:

1. Традиционная рисованная анимация (2D, Cel, Hand Drawn) – это покадровая анимация. Расстановка ключевых кадров производится аниматором, промежуточные же кадры генерирует специальная программа. Этот способ наиболее близок к традиционной рисованной мультипликации, только роль фазовщика берёт на себя компьютер, а не человек. Создание покадровой анимации – очень трудоёмкий процесс: на 1 минуту приходится до 1440 рисунков.

2. 2D векторная анимация. Этот вид наиболее широко используется в настоящее время. Векторная анимация позаимствовала многие методы создания традиционной анимации. За основу взяты принципы, которые применяются в традиционной анимации, только с использованием обработки, которая называется прорисовка и закрашивание. Кадры векторной анимации создаются на плоской поверхности. Причина, по которой 2D векторная анимация была помещена в отдельную категорию, заключается в том, что в дополнение к опции анимации «кадр за кадром», аниматор имеет возможность создавать составляющие персонажей, а затем перемещать части тела индивидуально, а не рисовать символ снова и снова.

3. Ротоскопинг – прорисовка анимации (мультипликации) с кадров реальных фильмов и видеоизображений.

4. Графика движения (Motion design) – анимация изображений, текстов или видеоклипов с использованием ключевого кадрирования, которое движется, чтобы создать плавное движение между кадрами. Композиции в кадре с использованием такого метода созданы из плоских элементов, которые перемещаются относительно друг друга, это и помогает создать иллюзию объема. Чаще всего движения объектов сопровождается музыкой или звуковыми эффектами. Данный метод чаще всего используется для создания информационных видеороликов и тьюториалов, промо-роликов, анимированных логотипов и вступительных титров. Приложения для их создания поддерживают различные скрипты, которые автоматически изменяют анимацию, тем самым создавая множество разных эффектов.

5. Кукольная анимация (Stop motion) – это остановка объекта после отснятого кадра и последовательное его перемещение для съёмки нового фото и нового движения. При воспроизведении сделанных фото одно за другим, создаётся иллюзия движения. Таким образом, создание видео происходит на основе покадрового фотографирования и последующего монтажа на компьютере.

6. Запись движения. Данные анимации записываются специальным оборудованием с реально двигающихся объектов и переносятся на их имитацию в компьютере. Распространённый пример такой техники – Motion capture (захват движений). Актёры в специальных костюмах с датчиками совершают движения, которые записываются камерами и анализируются специальным программным обеспечением. Итоговые данные о перемещении суставов и конечностей актёров применяют к трёхмерным скелетам виртуальных персонажей, чем добиваются высокого уровня достоверности их движения. Такой же метод используют для переноса мимики живого актёра на его трёхмерный аналог в компьютере.

7. 3D анимация (или CGI – computer-generated imagery) – метод создания динамических (движущихся) изображений или видео путём моделирования объёмных объектов в трёхмерном пространстве. Технологии 3D-анимации имеют много общего со Stop motion, поскольку соответствуют покадровому подходу. Но, в 3D реализация задач более управляема, так как вместо рисования персонажа в 3D-анимации объект создается в цифровой форме. Позже он снабжается «скелетом», который позволяет перемещать модели. Анимация создается построением моделей на определенных ключевых кадрах, а после компьютер вычисляет и выполняет интерполяцию между этими кадрами для создания движения.

Существует мнение, что термин компьютерная анимация в настоящее время обозначает именно трёхмерную CGI-анимацию, в то время как для двухмерной рисованной мультипликации с использованием компьютера применяются другие термины, например, Flash-анимация и GIF-анимация.

Для создания анимированных изображений существует множество *программ*, которые можно условно разделить на:

специализированные программы по созданию трёхмерной графики и 2D и 3D анимации: Adobe Animate, Anime Studio, Cinema 4D, – платные, Blender, Synfig – бесплатные;

программы с возможностью создания анимации: графические редакторы Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, бесплатная GIMP; программы для композитинга Adobe After Effects, приложения Microsoft Office 2019 (и позднее) для создания анимированных 3D моделей и 3D карт. В некоторых ГИС программах и веб-картографических сервисах возможно создание анимации полёта над местностью по заданному маршруту (подробнее в подразделе 4.2).

Компьютерная анимация может храниться в универсальных графических файлах (например, в формате GIF) в виде набора независимых

изображений, либо в специализированных файлах соответствующих пакетов анимации (3ds Max, Blender, Maya и т. п.) в виде текстур и отдельных элементов, либо в форматах, предназначенных для просмотра (FLIC) и применения в играх (Bink). Также, анимация может сохраняться в форматах, предназначенных для хранения видео (например, MPEG-4).

Картографическая анимация. Первые картографические динамические фильмы были созданы еще в конце 50-х годов XX в. Однако до начала 90-х годов XX в. анимационная картография оставалась доступной лишь узкому кругу профессионалов и экспертов. Причиной тому была высокая стоимость вычислительной техники, её низкая производительность и необходимость больших усилий на создание каждой анимации.

Однако снижение стоимости компьютеров до уровня, когда они действительно стали персональными, и улучшение качества бытовых мониторов до уровня телевизионного сигнала и выше привели к резкому увеличению анимационных материалов. Бурный прогресс компьютерной техники, начавшийся в первой половине 90-х годов, привел к появлению самых разнообразных видов анимаций.

Виды картографических анимаций (2D и 3D):

1. Анимированные двухмерные карты динамики:

карты динамики площадных контуров явлений на различные даты;

карты разности состояний на несколько дат одних и тех же площадных контуров;

карты динамики точечных объектов (динамика положений или состояний объектов);

карты динамики линейных объектов (динамика положений или состояний объектов);

комплексные динамические двухмерные карты (карты, на которых одновременно показана динамика точечных, линейных и площадных объектов либо различных их сочетаний).

2. Анимированные двухмерные карты движения:

классические двухмерные карты, использующие в качестве изобразительного средства эффекты анимации;

анимированные линейные и площадные анаморфозы;

анимированные анаморфозы, показывающие динамику контуров на различные даты (две и более);

анимированные анаморфозы состояний контуров;

комплексные анимированные анаморфозы (динамика контуров и состояний контуров в сочетании с прочими динамическими изобразительными средствами).

Картографические анаморфозы – особый вид плоских геоизображений, представляющий собой трансформированные непространственноподобные карты, на которых изменены длины, площади или угловые соотношения и формы показанных объектов, но при этом точно сохранены их топологические соотношения.

3. Анимированные динамические трёхмерные изображения:

анимированные поверхности (изометрия, динамическая изометрия со сменой точки и угла обзора);

анимированные трёхмерные блок-диаграммы и условные знаки;

трёхмерные анимированные анаморфозы;

анимации в виртуально-реальностных изображениях;

облёт местности, движение по поверхности;

движение в среде;

движение в пространстве виртуальной реальности цифровой модели местности (ЦММ) одновременно с анимированием отдельных компонентов самой ЦММ (движение наземных и воздушных объектов, течение рек, метеоявления и пр.).

По конечному результату анимации можно подразделить на следующие **типы:**

1. *Неуправляемая последовательность двухмерных кадров.* В данном типе анимации просматривающий субъект не может изменить практически ничего – ни проекцию, ни угол обзора, ни масштаб изображения. Типичным примером такой анимации является анимация в формате AVI. Несмотря на двухмерность самих кадров, содержание их может быть трёхмерным (например, AVI-файл с анимированной трёхмерной поверхностью).

Исходные кадры-карты могут создаваться автором самыми разнообразными способами и не предназначены для изменения потребителем. Для просмотра анимации не требуется ни специального программного обеспечения (ПО), ни значительных аппаратных средств, пользователь может обладать лишь начальной компьютерной подготовкой.

2. *Последовательность векторных карт, переводящаяся в растр и выводимая на экран в реальном времени.* Обычно для анимации такого типа можно задать пользовательскую проекцию, сменить масштаб или компоновку карты, изменить легенду, включить или выключить слои данных. Обычно создание такой анимации ведется на базе уже существующих ГИС с помощью системы внутренних команд или встроенного языка программирования. Примером может служить анимация, составленная из последовательности векторных карт, интерактивно управляемая пользователем. Для создания анимации подобного рода требуется наличие производительной техники (обладающей достаточной вычислительной мощностью), наличие ГИС и умение программировать на одном из внутренних языков ГИС.

Просмотр анимации возможен любым пользователем с начальным уровнем знания ГИС, в которой создавалась анимация.

3. *Полностью управляемая пользователем модель данных, визуализируемая в результате длительного просчета.* Здесь пользователь может изменить почти все параметры (скорость облета, угол зрения, дальность видимости, наличие атмосферных эффектов, движение прочих моделей в пространстве математической модели местности и т.п.), однако результаты изменений анимации он может увидеть лишь после просчета, в результате

которого получается некорректируемая последовательность двухмерных кадров.

Для создания требуется наличие специализированного ПО, высокопроизводительного аппаратного обеспечения, отличное владение пакетами для создания такой анимации (3D-Studio MAX, Maya, Cinema 4D и прочие продукты, предназначенные для создания самой сложной 2D и 3D графики). Пользователь, обрабатывающий такую модель данных, должен также иметь мощный компьютер, ПО, в котором создавалась модель данных, и навыки работы с этим ПО.

4. *Полностью управляемая пользователем виртуальная модель местности, визуализируемая в режиме реального времени.* Здесь пользователь может изменить все параметры, причем результаты изменений становятся видны сразу же без каких-либо дополнительных расчетов. Создание модели может быть чрезвычайно сложным, требуя не только больших вычислительных мощностей, но и владения сразу несколькими ГИС, пакетами 3D-анимации, программирования и пр. Квалификация пользователя может быть различной: от минимального ознакомления с программой и простого просмотра до глубокого знания особенностей построения модели и возможности внесения в нее необходимых изменений.

Анимация и картографические способы изображения. Широкое распространение различных методов использования анимации привело к некоторому пересмотру классификации картографических способов изображения, добавив к ним ряд других способов.

При создании всех условных знаков картограф оперирует графическими переменными. В классической картографии к таковым относятся: форма, размер, цвет, светлота, внутренняя структура и ориентация знака. Картографические анимации добавили к этому ряду еще несколько переменных (таблица 2).

Таблица 2. Примеры использования анимационных эффектов в экологическом картографировании

Графическая переменная	Анимационный эффект	Примеры картографических изображений

Форма	Условный знак может менять свою форму, причем смена формы может идти по-разному в зависимости от семантического значения знака	Карта экологического состояния городов, на которой благоприятность какого либо показателя показана в виде условного знака – кружка, при этом благоприятные или неблагоприятные изменения сопровождаются сменой знака на другой (на квадрат или треугольник, например), что отражено в легенде
Цвет	Условный знак меняет исходный цвет на другой, скорость и тип смены цвета характеризуют интенсивность картографируемого процесса	Картограмма сельскохозяйственной освоенности административных районов. Цветом показана степень освоенности земель в сельском хозяйстве, скорость смены цвета пропорциональна скорости освоения территории
Размер	Условный знак меняет размер, смена размера зависит от семантики	Картограмма объемов использования пестицидов. Высота столбиков диаграммы соответствуют величине показателя, изменение высоты пропорционально изменению объемов использования пестицидов за месяц
Внутренняя структура	Внутри знака происходит смена текстуры или рисунка знака	Карта населенных пунктов, показанных геометрическими условными знаками различной формы в зависимости от типа поселения – городское или сельское. С помощью различного цвета отражен национальный состав, при этом текстура передает половозрастной состав, анимация текстуры – изменения в структуре половозрастного состава, имевшие место за

		период
Положение знака	Движение значка по полю карты, показывающее фактическое перемещение объектов в пространстве	Карта преобладающего направления течений в море. Направление движения водных масс показано движущимися стрелками
	Знак передвигается, но движение знака не связано с его перемещением в пространстве	Карта мира, на которой в центре каждой страны – одинаковый условный знак; при достижении страной определенного уровня эмиграции за год знак начинает совершать колебания из стороны в сторону, в итоге оставаясь на одном месте, причем амплитуда колебаний пропорциональна дальности миграции

Отдельно рассмотрим анимацию поверхностей. В географии и экологии часто возникает необходимость анализа ряда поверхностей. Это может быть, например, ЦМР одной и той же территории в различные эпохи; поле атмосферного давления; поверхность, построенная по псевдоизолиниям лесистости местности. Анализ разновременных состояний поверхности и выявление динамики развития поверхности путем визуальных наблюдений и классической картометрии практически невозможен. Для проведения подобных исследований необходимо использование специализированного математического аппарата. Применение математических методов само по себе затруднительно, да и не слишком наглядно. Зачастую, особенно если необходимо лишь уяснить суть происходящих изменений и их скорость, можно упростить данную задачу путем использования трёхмерной анимации поверхности.

Процесс интерполяции состояний поверхности для каждого момента времени по ключевым состояниям называется морфингом (Morphing).

В процессе анимации поверхности можно произвести её облет либо создать ряд анимаций одной поверхности, сделанных с разных точек обзора.

Временные анимации показывают изменения геометрических или атрибутивных компонентов пространственных данных. В случае временной анимации существует прямая связь между временем показа и реальным временем. Время может измеряться в секундах, годах или тысячелетиях – замедление или ускорение реального процесса.

Для правильного понимания временных анимаций важно, чтобы пользователь имел возможность влиять на процесс показа. Минимальные функциональные возможности должны обеспечивать такие опции для манипуляции с линией времени как вперёд, назад, медленно, быстро, пауза.

Невременные анимации. В невременных анимациях время показа непосредственно не связано с реальным временем. Динамические свойства карты используются, чтобы показать пространственные отношения или выявить геометрические или атрибутивные характеристики пространственных явлений. Невременные анимации можно подразделить на показывающие последовательное накопление явлений и отражающие, как изменяются представления одних и тех же явлений.

Примеры анимаций с последовательным накоплением: понимание трехмерного ландшафта. Сначала отображается только топография, затем добавляются другие темы, например, дороги, использование земель, гидрография (местоположение).

Анимации с изменяющимся представлением (воспроизводящие различные данные или одни и те же данные в соответствии с различными типами карт, что фактически аналогично механизму переключения для электронных), включают:

- показ картограмм, построенных с использованием различных методов классификации;

- представление определённых наборов данных путем изменения картографических методов изображения, например, отображая одни и те же данные последовательно в виде точечной карты, картограммы, ступенчатой статистической поверхности и карты изолиний;

- карты с мигающими условными знаками для привлечения внимания к определенным объектам, категориям объектов или их атрибутам;

- полет над территорией, моделируемый путем непрерывного изменения точки зрения пользователя;

- результаты мягкой прокрутки и зумирования в анимации.

Динамические переменные. Один из вопросов, который приходится решать картографам, – это как нужно проектировать анимацию, чтобы зритель наверняка понял развитие или тенденцию изменения тех или иных явлений.

Динамические переменные: продолжительность, порядок и темп изменения, частота, время показа и синхронизация.

Продолжительность и порядок, а также время показа – это наиболее важные переменные, в то время как остальные тем или иным способом выведены из этих трех.

Время показа – это время начала показа изменений на экране. Дата показа может иметь прямую связь с хронологической датой, что позволяет определить положение во времени.

Продолжительность – отрезок времени, в течение которого на экране не происходит изменений. Между каждым кадром и реальным временем существует прямая связь.

Порядок – это последовательность кадров или изображений. Время упорядочено само по себе. Невременной порядок можно показать, выдвигая на первый план разные объекты один за другим.

Частота – связана с продолжительностью. Каждый из этих показателей может быть определен через другой. Целесообразно рассматривать частоту в качестве отдельной динамической переменной, поскольку люди воспринимают её как независимую.

Темп изменения – это различие величины изменения за единицу времени для каждого из последовательных кадров или изображений. Изменяться может местоположение или атрибуты в той или иной точке. На динамической карте с контролируемым временем в течение заданной продолжительности изображения и местоположение, и атрибуты могут меняться, причем с разной скоростью. Темп изменения может быть постоянным или переменным.

Синхронизация (совпадение по фазе) имеет отношение к совпадению по времени двух или более временных рядов. Если природные процессы не совпадают по фазе, их синхронизация на стадии показа может раскрыть причинные связи, которые были бы не столь очевидны при строгом соблюдении хронологических соответствий.

Ресурсы интернета и возможности их использования для визуализации экологической информации

Говоря о ресурсах интернета сегодня, прежде всего речь идёт о сервисах Веб 2.0.

Веб 2.0 (англ. Web 2.0) – методика проектирования систем, которые путем учета сетевых взаимодействий становятся тем лучше, чем больше людей ими пользуются.

Данный термин появился в 2005 г., автор – Тим О’Рейли, руководитель издательской компании O'Reilly Media и сторонник движения за свободное программное обеспечение. В отличие от концепции Веб. 1.0, где сайт выступает лишь как информационный источник, а пользователь является потребителем контента (содержания), и возможность его участия в создании ресурса жёстко ограничена, для сервисов Веб 2.0 характерны следующие *отличительные особенности*:

- полнота и простота взаимодействия пользователя с контентом, широта возможностей взаимодействия без регистрации;

- бесплатная среда (базовый набор возможностей);

- социализация, сообщество для общения, совместных действий;

- возможность создания личной, индивидуальной зоны;

- самостроительство, привлечение пользователей к наполнению и многократной выверке контента;

- комментирование и взаимное оценивание содержания;

- Веб как платформа;

- кроссбраузерность – поддержка всеми браузерами.

Примерами сервисов Веб 2.0 являются:

Вики (Wiki) – веб-сайт, структуру и содержимое которого пользователи могут самостоятельно изменять с помощью инструментов, предоставляемых

самим сайтом: Википедия и проекты фонда Викимедия (Викисклад, Викисловарь, Викицитатник и др.);

блоги и микроблоги – веб-сайты, основное содержимое которых – регулярно добавляемые записи, содержащие текст, изображения или мультимедиа (Livejournal, Twitter и др.);

социальные сети – веб-сайты, предназначенные для выстраивания онлайн-сообществ людей, объединенных какой-либо деятельностью или интересами (ВКонтакте, Одноклассники, Instagram, Facebook, Pinterest, Qzone, LinkedIn и др.);

социальные медиохранилища – сервисы для совместного хранения, просмотра и обсуждения медиафайлов (фотохостинги Google Фото, Яндекс.Фотки, Instagram; видеохостинги YouTube, Rutube, TikTok, Vimeo и др.);

другие онлайн-сервисы (для создания презентаций, инфографики, «облаков тегов», интеллект-карт, временных шкал и др.).

Актуальной является тенденция совмещения возможностей социальных сетей с медиохранилищами. Так, популярный сейчас Instagram представляет собой сочетание фотохостинга с элементами социальной сети, TikTok – видеохостинга и социальной сети. Подробнее об использовании социальных сетей в области освещения вопросов и популяризации экологических идей – в подразделе 4.3.

С точки зрения возможностей для компьютерной визуализации экологической информации, одним из наиболее перспективных ресурсов интернета являются веб-картографические сервисы.

Веб-картографические сервисы – системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации географических данных и связанной с ними информации о представленных объектах в интернет-пространстве.

Всё многообразие веб-картографических сервисов можно условно разделить на 3 группы: 1 – предназначенные преимущественно для сбора, анализа и отображения данных в статичной форме (с поддержкой интерактивности); 2 – для анимационной визуализации географических данных; 3 – сочетающие в себе возможности интерактивных карт и других мультимедиа-ресурсов.

Примерами веб-картографических сервисов являются: Карты Google, Google Earth, Яндекс.Карты, Викимапия, Геопортал ЗИС Республики Беларусь и др. Рассмотрим возможности некоторых из них.

Геопортал ЗИС Республики Беларусь относится к первой группе веб-картографических сервисов. Он разработан Проектным институтом Белгипрозем и представляет собой полнофункциональную открытую геоинформационную систему, предназначенную для автоматизации хранения, обработки и предоставления пространственной информации. Геопортал ЗИС предоставляет возможность использования базовой картографической основы масштаба 1:10000 и содержит обширную базу данных о границах

административно-территориальных единиц и земельных участках Республики Беларусь, о земельном покрытии территории (пахотные, луговые, нарушенные и др.), о мелиоративном состоянии земель, ограничениях землепользования, инженерных коммуникациях и др. (рис. 1).

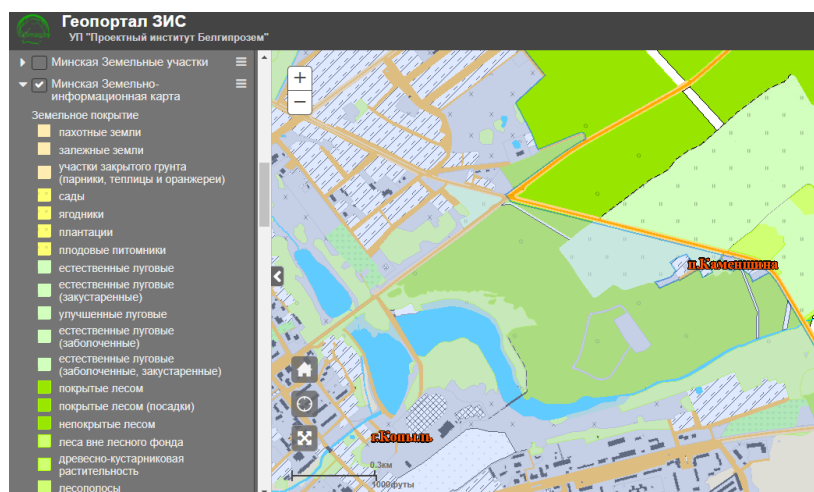


Рис. 1. Фрагмент земельно-информационной карты Минской области на геопортале ЗИС Республики Беларусь

Также в свободной версии, доступной любому пользователю, содержатся материалы аэрофотосъёмки территории Республики Беларусь с высоким пространственным разрешением. Помимо возможности просмотра картографической информации, на Геопортале ЗИС заложены базовые инструменты: расчёта площадей, расстояний, определения и поиска местоположений по координатам.

Google Earth Studio – это бесплатная мультимедийная анимационная программа от Google, предназначенная для графического дизайна с 3D-изображениями. Она позволяет делать качественную аэросъёмку поверхности планеты, используя программу Google Earth (выпущена в 2001 г.) для рендеринга 3D-моделей.

Рендеринг или отрисовка (англ. rendering – «визуализация») – термин в компьютерной графике, обозначающий процесс получения изображения по модели с помощью компьютерной программы; процесс создания финального изображения или последовательности из изображений на основе двухмерных или трёхмерных данных.

Функционал приложения Google Earth Studio даёт возможность пользователю выбирать любое место на карте, указывать масштаб, высоту, радиус, начальное направление съёмки, настраивать разрешение изображения, частоту кадров, освещение, устанавливать длительность ролика и многое другое. Кроме того, во время записи можно изменять угол обзора и редактировать плавность перемещения камеры (путём расстановки ключей и работы с ними).

Помимо построения маршрутов движения камеры вручную в программе предусмотрены и готовые пресеты маршрутов, которые можно задействовать для создания собственных проектов:

- приближение к месту (Zoom-To);
- от места к месту (Point to Point);
- облёт вокруг (Orbit);
- движение по спирали (Spiral);
- приближение и облёт вокруг (Fly To & Orbit).

При необходимости можно усложнить проект комбинацией готового шаблона и вручную добавленных локаций.

Также в Google Earth Studio доступны и различные визуальные эффекты. Например, можно изменять время суток, добавлять или убирать облака и др. К дополнительным плюсам сервиса можно отнести поддержку интеграции с программой Adobe After Effects и возможность хранить готовые проекты в облачном хранилище.

Облачное хранилище данных (англ. cloud storage) – модель онлайн-хранилища, в котором данные хранятся на многочисленных распределённых в сети серверах, предоставляемых в пользование клиентам, в основном, третьей стороной (например: Dropbox, Google Диск, iCloud, Яндекс.Диск, Облако Mail.Ru и др.).

Особенностью Google Earth Studio поддерживает работу только в фирменном браузере Google Chrome последней версии. Для того чтобы воспользоваться сервисом, необходимо в нем авторизоваться с помощью учетной записи Gmail. После этого пользователю на электронную почту придет письмо с разрешением и специальной ссылкой для доступа к веб-приложению.

Наиболее широкие возможности в плане визуализации предоставляют веб-картографические сервисы третьей группы, например, *ArcGIS StoryMaps*. Этот сервис позволяет объединять картографические изображения, фотографии, видео и текст в результате чего создаются так называемые карты-истории. Более ранняя версия данного сервиса, *Esri Story Maps*, предполагает работу с классическими шаблонами:

тур (Story Map Tour) – идеально подходит для последовательного повествования на основе местоположений, сопровождаемого изображениями и видео. Каждая «точка повествования» тура имеет геолокацию. Пользователи могут последовательно проходить тур, а также пролистывать его, используя карту или дополнительную карусель эскизов.

журнал (Story Map Journal) – подходит в случаях, когда необходимо скомбинировать текст повествования с картами и другими ресурсами. Map Journal содержит записи, или разделы, которые легко пролистываются пользователем. Каждый раздел в Map Journal имеет связанную карту, изображение, видео или веб-страницу. В разделах журнала также можно задать действия, чтобы, например, при щелчке на слове, карта раздела автоматически приближалась к определенному местоположению.

каскадная карта-история (Story Map Cascade) – создаёт многонаправленное повествование с прокруткой. Шаблон Story Map Cascade позволяет комбинировать текст описания с картой, изображениями и мультимедиа-ресурсами в полноэкранное приложение. В каскадной истории разделы с текстами и встроенными медиафайлами чередуются с «многонаправленными» полноэкранными разделами с картами, 3D-сценами, изображениями и видео.

серия карт (Story Map Series) – позволяет представить серию карт в виде отдельных вкладок, цепочки кнопок или ленты. Кроме карт, в Story Map Series можно использовать видео, изображения или веб-ресурсы, дополняющие и иллюстрирующие карты-истории (рис. 2).

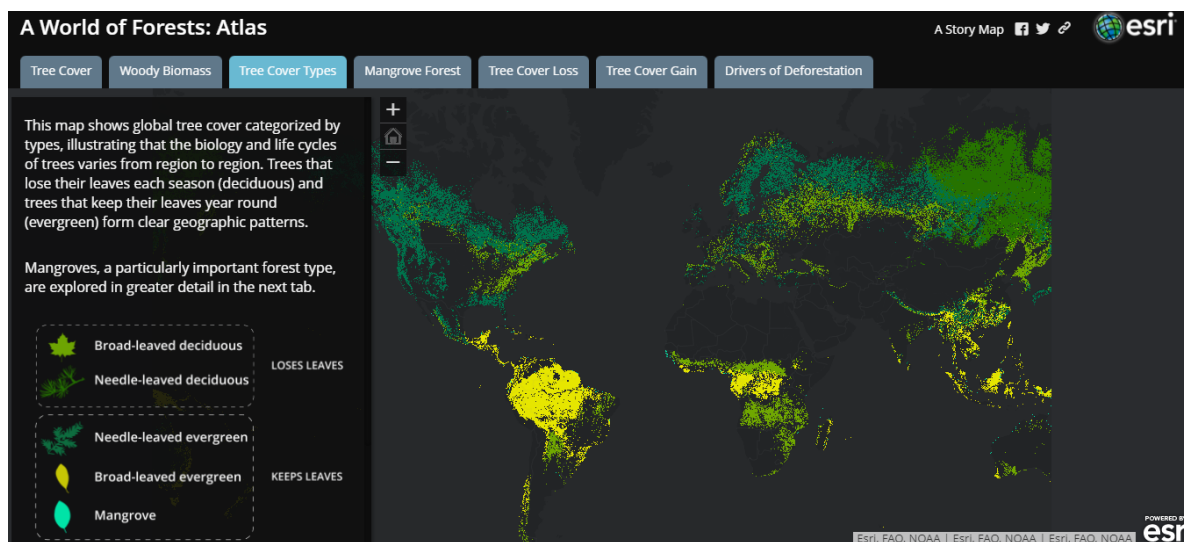


Рис. 2. Фрагмент карты-истории «Мир лесов: Атлас» («A World of Forests: Atlas») с использованием шаблона «серия карт» (по материалам Environmental Systems Research Institute)

краткий список (Story Map Shortlist) – представляет точки интереса (достопримечательности и др.), организованные в набор вкладок. Пользователи могут щелкать на местоположениях, либо во вкладках, либо на карте, чтобы получить дополнительные сведения. Вкладки автоматически обновляются, когда пользователь перемещается по карте, и отображают интересные места в текущем экстенде карты.

свайп карты-истории (Story Map Swipe and Spyglass) – дают пользователям возможность взаимодействовать с двумя веб-картами или двумя слоями одной веб-карты, в зависимости от того, как автор выстраивает свою историю. Приложение позволяет создать представление нескольких карт в едином виде или в серии видов, открывающихся в ходе повествования.

Конструктор историй в ArcGIS StoryMaps не является новым шаблоном или обновлением классических шаблонов Story Maps. Вместо шаблонов, в ArcGIS StoryMaps используется динамический конструктор историй с современными функциями. ArcGIS StoryMaps поддерживает файлы

изображений до 20 МБ (форматы JPEG, PNG, GIF, BMP и др.), видеофайлы MP4 размером до 50 МБ, а также аудиофайлы, размером до 50 МБ (MP3 и WAV).

Использование Google Earth Studio, ArcGIS StoryMaps и других веб-картографических сервисов для создания анимационных роликов и проектов в области визуализации экологической информации может быть полезным при реализации следующих задач:

- отображение расположения источников антропогенной нагрузки на окружающую среду (промышленные и сельскохозяйственные предприятия, полигоны отходов и др.);

- наглядное представление пространственной информации об особенностях хозяйственного использования определённой территории (структура земель, развитие эрозионных процессов, площади рубок леса, заустаривание сельскохозяйственных земель и др.);

- отображение особенностей системы расселения и расположения объектов инфраструктуры (населённые пункты, транспортные магистрали, трубопроводы и др.);

- создание треков и маршрутов (онлайн-путеводитель, визуализация маршрута экспедиции, онлайн-экскурсии и др.).