УДК 528.9:911.2

**ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТНО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДУЛЯ
ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА****Кузнецова Т.И.***ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru*

В рамках создания базового хранилища цифровой картографической информации о состоянии географической среды регионов Сибири и сопредельных территорий разработаны теоретико-методические основы, структура и тематическое содержание ландшафтно-картографического модуля. Его назначением является информационное обеспечение региональных программ геоэкологического анализа. На примере Байкальского региона представлена совокупность методов модификации, согласования и структурирования междисциплинарной географической информации о природной среде в единый тематический блок на основе теории геосистем и с учетом применения возможностей современных ГИС-технологий. В рамках полисистемной средовой концепции, используемой для модификации географической информации, сформулировано содержание объекта исследования, согласно которому геосистемы рассматриваются как территориальная совокупность экологической (природной) среды, среды обитания человека как биологического вида и ресурсной среды как базы его жизнедеятельности. Такой подход обеспечил многоаспектный и многоуровневый геосистемный анализ природной среды исследуемого региона и перевод полученной информации в индикационные геоэкологические зависимости. На примере Байкальского региона, включающего территории суверенных государств России и Монголии, разработаны структура и содержание, а также последовательность создания геосистемного геоэкологического модуля цифровой картографической информации. В структурном плане он представляет собой совокупность единой базовой территориальной картографической основы и систему пространственных тематических данных геосистемного геоэкологического содержания. Благодаря своей целостности и содержанию данный тематический модуль обеспечит информацией переход от функционального оценочного этапа исследования региона к прогнозу развития геоэкологических ситуаций. Исходную информационную тематическую базу исследования составили фундаментальные картографические произведения Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и Института географии и геоэкологии АН Монголии.

Ключевые слова: Байкальский регион, геосистемный анализ, геоэкологическая индикация, картографическая информация, структура, модификация

**PROJECT OF CREATING A LANDSCAPE-CARTOGRAPHIC DIGITAL
INFORMATION MODULE IN THE BAIKAL REGION****Kuznetsova T.I.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru*

In the framework of the creation of a basic repository of digital cartographic information on the state of the geographical environment of the regions of Siberia and adjacent territories, theoretical and methodological foundations, the structure and thematic content of the landscape-cartographic module were developed. Its purpose is the dataware for the regional programs of geoeological analysis. As exemplified by the Baikal region a set of methods for modifying, harmonizing and structuring interdisciplinary geographical information about the natural environment into a single thematic cluster based on the theory of geosystems and taking into account the application of the capabilities of modern GIS technologies is presented. In the context of the polysystem environmental concept used to modify geographic information, the content of the research object is formulated, whereby geosystems are considered as a territorial aggregate of the ecological (natural) environment, human habitat as a biological species and the resource environment as the basis of vital activity. This approach has provided a multidimensional and multilevel geosystem analysis of the natural environment of the region under investigation and the transfer of the obtained information into indicative geoeological dependencies. As exemplified by the Baikal region, which includes the territories of sovereign states of Russia and Mongolia, the structure and content, as well as the sequence of creation of a geosystem geoeological module of digital cartographic information, were developed. In the structural plan, it is a combination of a single basic territorial cartographic basis and a system of spatial thematic geosystemic and geoeological data. Due to its integrity and content, this thematic module will provide information from the functional assessment stage of the region's research to the forecast of the geoeological situation development. The initial thematic base of the research is made up of fundamental cartographic works of the V.B. Sochava Institute of Geography, SB RAS and the Institute of Geography and Geoeology, Academy of Sciences of Mongolia.

Keywords: Baikal region, geosystem analysis, geoeological indication, cartographic information, structure, modification

Базовое хранилище цифровой картографической информации о состоянии географической среды регионов Сибири и сопредельных территорий разрабатывается для справочно-информационного обеспечения региональных программ геоэкологического анализа, дающего представление о природных возможностях территории и о перспективах ее рационального использования. Задачи, касающиеся выработки стратегии освоения природной среды крупных

регионов и географического прогноза его последствий, требуют создания специализированных электронных ландшафтных карт комплексного геосистемного содержания. При этом большая роль отводится не только ландшафтным картам общенаучного, но и прикладного экологического содержания. В этом плане цифровое ландшафтное картографирование предоставляет возможность построения систем географических знаний о природной среде в виде электронных те-

матических модулей – программно-целевых блоков геоинформационных систем, созданных на единой (инвариантной) территориальной основе, каждый выдел которой представляет собой ячейку сосредоточения самой разнообразной географической информации по региону, обеспечивая ее сопряженность и сопоставимость [1].

Мелкомасштабное электронное ландшафтное картографирование Байкальского региона является, на наш взгляд, целесообразным и актуальным для информационного обеспечения межгосударственного, регионального или подчиненного ему местного административного управления экологически сбалансированным развитием единой территориальной системы. Несмотря на достаточно высокую степень изученности закономерностей природной среды этого региона, по-прежнему ощущается дефицит специализированной цифровой информации, обусловленный не столько недостатком первичных данных о территории, сколько трудностями их сопоставления и анализа [2]. Разрабатываемый блок информации рассматривается как базисный: он определяет системные отношения компонентов природной среды и является основой исследования пространственно-временной организации геосистем регионального порядка, их устойчивости, изменчивости, использования и охраны.

Целью работы было создание теоретико-методических основ структурирования, модификации и интеграции географической информации в единый ландшафтно-картографический цифровой модуль, обеспечивающий возможность автоматизированного анализа и интерпретации специального содержания всех его тематических слоев с целью создания электронных карт геосистемного геоэкологического содержания как оперативного инструмента информационной поддержки управления территориями.

Материалы и методы исследования

Исходную научную основу работы составляют картографические материалы, созданные сотрудниками Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН и Института географии и геоэкологии АН Монголии, которые посредством совокупности географических методов переводятся в конструктивную форму реализации практических задач геоэкологической оценки использования и охраны природной среды. По своей сути, ландшафтно-картографический модуль цифровой информации, тематические слои которого

объединены общим программно-целевым замыслом и созданы на основе единой геосистемной классификации, являются систематизированным целостным произведением и сохраняют все свойства серий традиционных ландшафтных карт.

В теоретико-методологическом плане специфика данной работы заключается в дальнейшем развитии программно-целевого комплексного геоэкологического картографирования, как основного варианта территориального синтеза междисциплинарной географической информации о природной среде и ее использовании. Объектом исследования в данном случае выступают геосистемы (геоэкосистемы), или геоэкологические пространства, которые представляются «как системное единство среды обитания, среды жизнедеятельности и среды жизнеобеспечения человека в самом широком смысле слова» [3, с. 5]. Подобное полисистемное содержание исследуемого объекта отличается от таковых в покомпонентных исследованиях природной среды.

Важным этапом в комплексной программе цифрового картографирования является подготовка объективной и доступной информации об объекте исследования в соединении природных, экологических и природоохранных компонентов. В этом плане программа создания ландшафтно-картографического модуля цифровой информации Байкальского региона отражает собой многоступенчатую систему подходов к решению проблемы и включает: 1 – сбор информации; 2 – инвентаризацию существующей географической ситуации; 3 – ее оценку; 4 – прогноз изменения ситуации в результате внешнего воздействия; 5 – разработку рекомендаций по охране окружающей среды (табл. 1).

Решение поставленных задач основывается на многоаспектном и многоуровневом геосистемном анализе природной среды исследуемого региона и последующем переводе полученной информации в индикационные геоэкологические зависимости посредством использования разработанных заранее геосистемных признаков-индикаторов состояния и условий природной среды [2]. Карты оценочного, прогнозного и рекомендательного содержания разрабатываются на основе данных иерархического, регионально-типологического, динамического, функционального и ценностного геосистемного анализа с использованием совокупности методов информационного картографического мониторинга: анализа, синтеза, сравнения, оценки, умозаключения, прогнозирования [4].

Таблица 1

Проект ландшафтно-картографического модуля цифровой информации

Концепция создания ландшафтно-картографического модуля: Геосистемная геоэкологическая			
Цель. Информационное обеспечение регионального геоэкологического анализа		Задачи. Разработка концепции, структуры и содержания карт тематического модуля	
Уровни картографирования: Региональный		Научный подход: Конструктивный	
Объект исследования: Геосистема – среда		Этапы и шаги исследования	
Разработка инвентаризационной ландшафтной карты геоэкологического содержания			
Процедуры и методы		Фондовые материалы	
Формирование банка данных. Выбор и декомпозиция общенаучной ландшафтной карты. Масштабная интеграция и редукция информации. Создание специализированной классификации геосистем и легенды карты. Создание базовой карты геосистем геоэкологического содержания и ее электронной версии	Инвентаризация. Геосистемный анализ. Классификация. Структурно-функциональная модификация информации	Ландшафты (Атлас ..., 2004), Эколого-ландшафтно-геохимическое районирование (Атлас ..., 2004), Ландшафты бассейна оз. Байкал (Батуев, Лопаткин, 2008), Природные ландшафты Байкальского региона и их использование (Кузнецова и др., 2009), серии карт «Ландшафтная среда бассейна оз. Байкал» (Экологический ..., 2015), Растительность, Ландшафты, Природное районирование, Климатическое районирование, Агроклиматические ресурсы (Национальный атлас ..., 1990)	
Разработка интерпретационных оценочных карт			
Процедуры и методы		Производные оценочные карты	
Разработка оценочных критериев экологических условий и состояния геосистем. Разработка геосистемных признаков-индикаторов устойчивости, чувствительности, экологического потенциала геосистем	Территориальный анализ Геосистемная индикация Обобщение, пространственная группировка и комплексирование информации Целевое зонирование территории	Биологическая продуктивность растительности геосистем. Саморегулирование геосистем. Устойчивость геосистем. Чувствительность геосистем. Экологические функции геосистем. Надежность и безопасность функционирования. Экологический потенциал геосистем. Экологически благоприятные режимы использования	
Разработка производных прогнозных карт			
Процедуры и методы		Производные прогнозные карты	
Масштабная редукция информации. Разработка вариативных моделей геосистем на разных этапах использования	Пространственно-временная модификация, вариативный и инвариантный анализ информации	Изменчивость, возможные изменения геосистем и природные экологические риски	
Разработка карт поддержки принятия решений			
Процедуры и методы		Производные рекомендательные карты	
Разработка основных направлений действий и приоритетных мероприятий по использованию и охране геосистем в соответствии с регламентом функциональных и экологических зон	Логико-ситуационный анализ	Рекомендуемые режимы природопользования. Приоритетные природоохранные мероприятия. Возможные реакции на предлагаемый набор мероприятий	

В целях успешной практической реализации проекта по созданию тематических модулей цифровой информации был определен ряд основных требований к программному обеспечению: 1 – программный пакет должен быть популярным и доступным, что обеспечивает широкий круг потребителей конечной продукции; 2 – конечный программный продукт должен учитывать целый комплекс возможностей потребителя (приспособленность к любым существующим персональным компьютерам, приобретение его должно быть, с одной стороны, экономически реальным, а с другой, выгодным, должен обеспечивать вывод данных в любой, удобной для потребителя форме и др.); 3 – обеспечивать своевременное обновление базы данных [5].

Выбор программного обеспечения определялся стоимостью как самого программного обеспечения, так и его технического обслуживания, а также квалификацией и навыками сотрудников. Программное обеспечение работает в среде Microsoft Windows (Windows 9x, Windows-NT). Создание цифрового модуля программного обеспечения планируется с использованием комплекта продукции *MapInfo Corporation*, включающего *MapInfo Professional v.5.0* и *MapBasic v.4.1* (язык программирования), представляющий один из стандартов настольных систем, а также *ArcView v.3x* фирмы ESRI, который является вторым стандартом настольных систем.

Результаты исследования и их обсуждение

Определены основные этапы практического создания ландшафтно-картографического модуля цифровой информации Байкальского региона: 1 – сбор информации и формирование базы тематических данных для разработки содержания ландшафтно-картографического модуля; 2 – создание единой базовой территориальной картографической основы и системы производных интерпретационных пространственных тематических слоев геосистемного геоэкологического содержания; 3 – оцифровка базовой карты и тематических слоев информационно-картографического модуля; 4 – создание проектов в среде ArcView (или рабочих наборов в MapInfo Professional); 5 – компоновка карт ландшафтно-картографического модуля с учетом общей программы создания базового хранилища цифровой картографической информации о состоянии географической среды регионов Сибири и сопредельных территорий.

Целостность тематических слоев ландшафтно-картографического модуля обеспе-

чивали следующие требования к материалу: 1 – целесообразный выбор и ограничение числа используемых проекций и масштабов карт; 2 – простые соотношения или кратность масштабов карт; общность географических основ карт; 3 – согласованность легенд различных карт в отношении показателей и детальности; 4 – единство установок генерализации для всех карт; 5 – взаимосвязанность способов изображения; 6 – приуроченность содержания разных карт к определенным датам; 7 – учет взаимосвязей между явлениями, изображаемыми на разных картах [1].

В процессе исследования разработана структура ландшафтно-картографического модуля цифровой информации Байкальского региона. Его базисом является единая территориальная картографическая основа, которая создается с использованием общенаучной ландшафтной карты, разработанной на геосистемных принципах академика В.Б. Сочавы [6, с. 48]. Ее легенда является неизбежно громоздкой и изобилует специальной терминологией. Далее на основе базовой карты посредством многоступенчатого анализа множества геосистемных характеристик, последующей модификации и интерпретации тематических данных создается система производных карт экологического содержания (рисунок).

Качественная экологическая оценка условий, состояния и возможного изменения природной среды Байкальского региона проводилась с использованием признаков-индикаторов, разработанных на основе концепции о стабилизирующей динамике геосистем. Согласно этой концепции, «при естественном стремлении геосистем к изменению структуры в процессе самоорганизации всегда существует стабилизирующее их начало, способствующее сохранению структуры геосистем во времени, несмотря на многочисленные воздействия... Саморегулирование геосистем наиболее действенно в оптимальных условиях тепла и влаги» [7, с. 72]. Для этого использовалась следующая схема:

1) исследуется структура и организация геосистем определенной размерности,

2) устанавливается их функциональный тип, гидротермические характеристики местоположений, биологическая продуктивность растительности,

3) определяется относительная степень саморегулирования геосистем,

4) проводится качественная оценка устойчивости / чувствительности, экологического потенциала геосистем,

Фрагмент производной интерпретационной территориальной картографической основы Байкальского региона. (Подписи к рисунку в табл. 2).
Электронная версия фрагмента карты выполнена к.г.н. Д.А. Лопаткиным

Таблица 2

Система тематических данных геосистемного экологического содержания

Ландшафтные структуры. Интенсивность саморегулирования	Биологическая продуктивность	Экологический потенциал	Чувстви- тельность	Функции и режимы
Наиболее неблагоприятные, риск I категории				
1. Гольцовые и подгольцовые минимальной интенсивности саморегулирования	Очень низкая	Очень низкий	Очень высокая	1, а *
Неблагоприятные, риск II категории				
2. Горнотаежные и таежные редуцированной интенсивности саморегулирования	Низкая	Низкий	Высокая	2, а, б, в, г, **
Средние, риск III категории				
3. Горнотаежные и таежные ограниченной интенсивности саморегулирования	Средняя	Средний	Средняя	3, а, б, в, г, ***
Благоприятные, риск IV категории				
4. Горнотаежные и подтаежные оптимальной интенсивности саморегулирования	Высокая	Высокий	Низкая	3, а, б, в, г, ****
Наиболее благоприятные, риск V категории				
5. Лесостепные, лугово-степные наиболее оптимальной интенсивности саморегулирования	Очень высокая	Очень высокий	Очень низкая	3, б, в, г, *****

Примечание. Ландшафтно-экологические функции: 1 – средоформирующая, 2 – средостабилизирующая, 3 – средозащитная. Хозяйственные функции: а – лесохозяйственные и рекреационные, б – сельскохозяйственные, в – селитебные, г – промышленные. Режимы использования: * – строго защитный, ** – защитный, *** – защитно-эксплуатационный, **** – эксплуатационно-защитный, ***** – эксплуатационный с выделением природоохранных зон.

5) устанавливаются экологические и хозяйственные функции геосистем и характер воздействия,

6) разрабатываются оптимальные режимы использования геосистем (табл. 2).

Каждый этап исследования геосистем завершается созданием определенного класса электронных карт геосистемного геоэкологического содержания: констатационных, или инвентаризационных; оценочных; прогнозных; рекомендательных (табл. 1). Инвентаризационные карты, созданные на основе теории геосистем и методологии конструктивного подхода, усовершенствованных соответственно задачам мелкомасштабного электронного картографирования, отображают, с одной стороны, текущее состояние геосистем, как природных объектов, а с другой, комплекс условий, определяющих или лимитирующих особенности жизнедеятельности людей. На базе данных констатационной карты разрабатываются производные интерпретационные карты оценочного, прогнозного и рекомендательного содержания.

В качестве примера приводится производная классификация, которая упрощается в результате формализации посредством группировки геосистем по сходству основных классификационных признаков (табл. 2). Представленные на карте (рису-

нок) обобщенные подразделения геосистем являются результатом интеграции геомов как близких по материально-энергетическому обмену, структурным и динамическим особенностям, а также биологической продуктивности растительного компонента структур. Относительная оценка интенсивности саморегулирования геосистем определялась на основе характеристик «интегральной интенсивности функционирования геосистем, отражающей в том числе относительную биологическую продуктивность растительности» [6, с. 69].

Экологический потенциал (ЭП) является интегральной характеристикой условий природной среды, характеризующей в том числе степень ее комфортности для жизнедеятельности человека как биологического вида. В качестве индикаторов ЭП использованы гидротермические характеристики местоположений геосистем, биологическая продуктивность, чувствительность геосистем к внешнему воздействию.

В зависимости от значений интегральной интенсивности функционирования (редуцированного, ограниченного, оптимального развития) определялась интенсивность саморегулирования и относительные показатели устойчивости (инерционной, резистентной, адаптивной) геосистем. Характеристики ландшафтно-экологических

и хозяйственных функций геосистем были получены из ранее опубликованных фондовых источников (табл. 1) посредством редукции картографической информации.

Заключение

Разработана структура системного по методологии, геоэкологического по содержанию и геоинформационного по технологии картографирования Байкальского региона, которая позволит представить систему географических знаний о природной среде в виде модуля цифровой картографической информации как единой системы картографического обеспечения в рамках единого геоинформационного пространства. Основным свойством цифрового модуля будет обеспечение автоматизированного сопряженного пространственного-временного анализа структуры, условий и состояния природной среды Байкальского региона, а также прогнозирование возможного их изменения. Существующая перспектива постоянно дополнять и обновлять базу тематических данных будет способствовать превращению его в оперативный инструмент информационной поддержки управления крупными территориями.

Исследование выполнено в рамках тем Плана НИР Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН «Геоинформационное картографирование и математическое моделирование географической среды в условиях глобализации и воздействия на природные и социально-экономические процессы в Сибири и на сопредельных территориях» (№ 0347-2016-0004).

Список литературы

1. Коновалова Н.В. Возможности применения геоинформационных технологий при создании атласных систем регионов / Н.В. Коновалова // Геодезия и картография. – 2013. – № 1. – С. 38–43.
2. Кузнецова Т.И. Основы геоинформационного картографирования развития геоэкологических ситуаций Байкальского региона / Т.И. Кузнецова // Геодезия и картография. – 2010. – № 8. – С. 24–32.
3. Козин В.В. Средовой подход в ландшафтной экологии / В.В. Козин // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2009. – № 3 – С. 4–8.
4. Булаева Н.М. Информационная система мониторинга и комплексной экологической оценки природной среды регионов (на примере Иркутской области) / Н.М. Булаева, Е.А. Мусихина, О.С. Михайлова // Геоинформатика. – 2015. – № 1. – С. 9–14.
5. Электронное атласное картографирование для обеспечения устойчивого развития регионов Сибири / В.А. Снытко [и др.] // География и природные ресурсы. – 2003. – № 3. – С. 16–26.
6. Экологический атлас бассейна оз. Байкал / ред. А.К. Тулоханов, В.М. Плюсин, С.В. Куделя. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 145 с.
7. Коновалова Т.И. Самоорганизация геосистем юга Средней Сибири / Т.И. Коновалова. – Новосибирск: Акад. Изд-во «ГЕО», 2012. – 148 с.
1. Konovalova N.V. Vozmozhnosti primeneniya geoinformacionnykh tekhnologij pri sozdanii atlasnykh sistem regionov / N.V. Konovalova // Geodeziya i kartografiya. – 2013. – № 1. – P. 38–43.
2. Kuznecova T.I. Osnovy geoinformacionnogo kartografirovaniya razvitiya geoe'kologicheskix situacij Bajkal'skogo regiona / T.I. Kuznecova // Geodeziya i kartografiya. – 2010. – № 8. – P. 24–32.
3. Kozin V.V. Sredovoj podxod v landshaftnoj e'kologii / V.V. Kozin // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. E'kologiya i prirodopol'zovanie. – 2009. – № 3 – P. 4–8.
4. Bulaeva N.M. Informacionnaya sistema monitoringa i kompleksnoj e'kologicheskoy ocenki prirodnoj sredy regionov (na primere Irkutskoj oblasti) / N.M. Bulaeva, E.A. Musixina, O.S. Mixajlova // Geoinformatika. – 2015. – № 1. – P. 9–14.
5. E'lektronnoe atlasnoe kartografirovaniye dlya obespecheniya ustojchivogo razvitiya regionov Sibiri / V.A. Snytko [i dr.] // Geografiya i prirodny'e resursy. – 2003. – № 3. – P. 16–26.
6. E'kologicheskij atlas bassejna oz. Bajkal / red. A.K. Tuloxonov, V.M. Plyusnin, S.V. Kudelya. – Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy' SO RAN, 2015. – 145 p.
7. Konovalova T.I. Samoorganizaciya geosistem yuga Srednej Sibiri / T.I. Konovalova. – Novosibirsk: Akad. Izd-vo «GEO», 2012. – 148 p.

References