

На правах рукописи

Бешенцев Андрей Николаевич

**ИНФОРМАЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ
КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГЕОСИСТЕМ**

Специальность 25.00.33 – Картография

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Иркутск 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Байкальском институте природопользования Сибирского отделения Российской академии наук

Научный консультант: **Тулохонов Арнольд Кириллович**
член-корреспондент РАН, доктор географических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Тикунов Владимир Сергеевич**
доктор географических наук, профессор,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, заведующий научно-исследовательской лабораторией комплексного картографирования и Центра мировой системы данных по географии

Черкашин Александр Константинович
доктор географических наук, профессор,
Институт географии им. В.Б.Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук,
заведующий лабораторией теоретической географии

Тайсаев Трофим Табанович
доктор географических наук, профессор,
Бурятский государственный университет,
профессор кафедры физической географии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Защита состоится 23 декабря 2013 г. в 09.00 час. на заседании диссертационного совета Д 003.010.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.

E-mail: postman@irigs.irk.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН

Автореферат разослан “ ____ ” _____ 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук

Григорьева М.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время происходит переоснащение традиционных способов картографирования на информационные процедуры отображения явлений природы и общества. Информатизация и диверсификация картографической деятельности способствуют тому, что все большая часть географических изысканий реализуется в картографической форме. При том, что именно язык карты является первичным инструментом метрической регистрации геосистем, информационный подход в картографии ещё не оформился в самостоятельное исследовательское направление.

При организации современных региональных и национальных систем мониторинга геосистем картографическая диагностика является основным источником планово-высотной информации. Особое положение занимают трансграничные геосистемы, дифференцированные государственными рубежами. Использование различных технических решений и отсутствие общей концепции картографирования таких территорий сдерживает интеграцию мирового сообщества по их исследованию. Одной из таких геосистем является трансграничный бассейн оз. Байкал, эффективное территориальное развитие которого требует внедрения межгосударственного геоинформационного комплекса, регистрирующего состояние и динамику трансграничных природных и социально-экономических процессов.

Кроме того, для современных исследователей в тени остаётся важный историко-технологический аспект картографического мониторинга действительности и ретрансляции географических знаний, накопленных в виде массивов разновременных тематических и топографических карт. Внедрение геоинформационной технологии позволяет автоматизировать механизм использования ретроспективных карт и требует методического обоснования их включения в современные исследования.

В этих условиях, в картографической науке возникла *проблема несоответствия теоретической формы картографического мониторинга геосистем его современному технологическому, программно-техническому и телекоммуникационному содержанию*. Такое положение дел ставит перед наукой задачу методологической адаптации требованиям современного информационного общества.

Степень разработанности проблемы. Информационная тематика в картографии и науках о Земле освещена в трудах Асланикашвили А.Ф., Батуева А.Р., Берлянта А.М., Бычкова И.В., Верещака Т.В., Викулова В.Е., Зятьковой Л.К., Ишмуратова Б.М., Карпика А.П., Кошкарёва А.В., Лисицкого Д.В., Лютого А.А., Винера Н., Пластинина Л.А., Салищева К.А., Семенюка Э.П., Сочавы В.Б., Тикунова В.С., Тулохонова А.К., Урсула А.Д., Червякова В.А., Черкашина А.К., Эшби У.Р.

Целью исследования является разработка научных основ и методических рекомендаций картографического мониторинга геосистем на основе феномена картографической информации.

В соответствии с целью исследования определены следующие *задачи*:

- выполнить анализ информатизации и определить направления модернизации картографического метода исследования;
- выявить источники, морфологическую структуру и методы создания картографической информации;
- разработать информационную концепцию картографического мониторинга геосистем;
- установить современную социально-техническую структуру картографического мониторинга геосистем;
- выполнить комплексный анализ пригодности ретроспективных картографических материалов для картографического мониторинга геосистем;
- разработать методические основы Интернет картографирования геосистем;
- разработать механизм реализации картографического мониторинга на базе геоинформационной технологии посредством создания и апробации проблемно ориентированной ГИС.

Объектом исследования является картографический мониторинг геосистем как особый способ отслеживания динамики земной поверхности. *Предметом исследования* является картографическое обеспечение территориальной деятельности общества в условиях информатизации.

Методологическая, теоретическая и эмпирическая база исследований. Работа базируется на теоретических и методических изысканиях системного картографирования, картографического моделирования и языка карты, а также на информационном и геосистемном подходах к картографируемым объектам. Использованы материалы автора по картографированию геосистем Байкальского региона в течение 1991-2013 гг. Рисунки и карты являются личными разработками автора.

Основные научные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Картографическая информация является продуктом поэтапного идеального, материального и виртуального отображения действительности при организации территориальной деятельности.

2. Картографический мониторинг геосистем является социально-техническим процессом, управляемым посредством технологического и общественно-исторического механизмов.

3. Технологический механизм регулирует в социуме создание картографической информации и реализует коммуникативную функцию языка карты.

4. Общественно-исторический механизм регулирует в социуме использование картографической информации и реализует познавательную функцию языка карты.

5. Картографический сервис разновременных топографических карт является доступной информационно-технологической базой долгосрочного мониторинга геосистем и современным узлом региональной инфраструктуры пространственных данных.

6. ГИС картографического мониторинга природопользования является необходимым программно-техническим комплексом непрерывной информационной диагностики хозяйственного освоения геосистем для оптимизации межгосударственных управленческих решений в бассейне оз. Байкал.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- выявлены сущность, механизм образования и свойства картографической информации на разных этапах картографического отображения действительности в условиях информатизации топографо-геодезической и картографической деятельности;

- разработана информационная концепция, систематизирующая теоретические положения и практические действия по отслеживанию динамики геосистем на основе феномена «картографическая информация» и закономерностей её преобразования;

- установлены научные основы картографического мониторинга геосистем, раскрыто его социально-техническое устройство и определены механизмы реализации в современных условиях;

- сформулированы методические рекомендации картографического мониторинга геосистем на базе геоинформационной технологии как междисциплинарного приёма регистрации и моделирования территориальных структур жизнеобеспечения.

Научная и практическая значимость исследования заключается в создании ГИС картографического мониторинга природопользования трансграничного бассейна оз. Байкал для оптимизации межгосударственных управленческих решений. Создан Банк ретроспективных картографических материалов и разработана методика геометрической коррекции ретроспективных карт в информационной среде. Разработаны методические основы создания картографических сервисов для междисциплинарных исследований и созданы: Атлас ретроспективных топографических карт (www.baikalgis.ru), Атлас картографических и спутниковых данных «Дельты рек оз. Байкал» (www.deltagis.info), сервис по картографированию природопользования бассейна оз. Байкал (www.baikalgis.com).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 25.00.33 – «Картография» по соответствующим позициям: № 1 – «Феноменология картографии – исследования феноменов языка карты (знаковой системы), картографического знака и карты, типов и видов карт, структуры и грамматического строя этого языка, его функций (коммуникативной, познавательной и др.), закономерностей устройства, функционирования и развития (эволюции), феномена картографической информации»; № 2 – «Общая теория картографии – развитие учения о ее предмете, рабочей модели, методе и языке, структуре и задачах науки, связях и взаимодействии с другими дисциплинами и областями знаний»; № 9 – «Геоинформационное картографирование и компьютерные технологии»; № 13 – «История картографии и картографическое источниковедение».

Апробация и реализация результатов исследования. Результаты исследования внедрены в Государственном комитете по экологии РБ, в Агентстве по туризму РБ, в Комитете по управлению водными ресурсами оз. Байкал. Выполнено картографическое обеспечение более 50 региональных и международных проектов. Основные теоретические и прикладные результаты исследования докладывались на 17 международных, 12 российских научных конференциях, 14 региональных научно-практических семинарах и совещаниях в городах Чита, Улан-Удэ, Иркутск, Новосибирск, Барнаул, Томск, Улан-Батор, Пекин, Шанхай.

Публикации по теме диссертации. Основные научные положения и выводы диссертации опубликованы в более 100 трудах, из них 1 авторская и 8 коллективных монографий, 21 статья в рецензируемых журналах, 14 картографических произведений.

Структура и объем диссертации. Общий объем диссертации составляет 332 страниц. Работа состоит из введения, 7 разделов, заключения, списка использованных источников, включающего 161 наименование. Работа содержит 10 таблиц, 82 рисунка, в том числе 38 карт, 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во *введении* обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования. В *первом разделе* раскрыта сущность информационного подхода в картографическом методе исследования (КМИ), установлены методические основы информационной оценки территории, выявлен механизм образования и структура картографической информации (КИ), разработана её классификация.

Информационный подход при отображении действительности объединяет явления объективной реальности и человеческой психики на основе понятия информации и закономерностей ее преобразования. Сущность информационного подхода в КМИ заключается в том, что все пространственные объекты и процессы, независимо от их происхождения, физико-химического субстрата и размеров локализируются, кодируются и преобразуются по единым информационным принципам посредством единых информационных процедур.

При организации природопользования между человеком и земной поверхностью возникает информационное взаимодействие, где субъект отражает и преобразовывает свойства используемых геосистем (ГС). Результатом этого процесса являются геоданные – регистрируемые свойства геообъектов в форме, доступной для хранения, обработки и передачи. Научно-технический прогресс способствовал формированию дифференцированных процедур создания геоданных в виде географических методов исследования (рисунок 1).

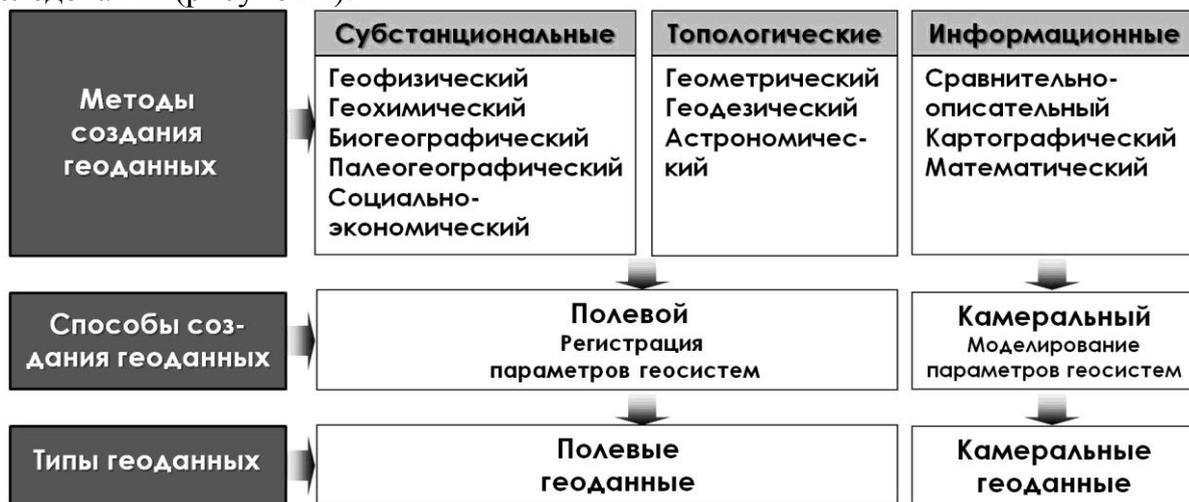


Рисунок 1 – Создание геоданных

С позиции информационного подхода, субстанциональные и топологические методы решают задачи создания геоданных, информационные – задачи их формализации и закрепления в социуме. Полевые геоданные создаются при непосредственном взаимодействии с ГС, камеральные геоданные создаются в лабораторных условиях при взаимодействии с информационными моделями-заместителями. Способы определяют условия создания геоданных: полевой обеспечивает оценку параметров ГС с

целью их инвентаризации; камеральный обеспечивает анализ и моделирование ГС с целью оптимизации их использования.

Картографическое отображение действительности происходит в результате интеграции геоданных, отражающих отдельные информационные подкатегории географической реальности (рисунок 2).



Рисунок 2 – Образование КИ

Каждая подкатегория отражает действительность в плоскости своих информационных свойств, отношений и закономерностей. Субстанциональная подкатегория определяет физическую и химическую сущность ГС. Топологическая подкатегория определяет их локализацию на земной поверхности. Хронологическая подкатегория определяет развитие ГС. Антропогенная подкатегория определяется природой человеческого мышления и обуславливает происхождение КИ как продукта территориальной деятельности.

Современный механизм картографического отображения действительности представляет собой совокупность последовательных целенаправленных этапов. Этап 1 – создание геоинформации в результате однозначной локализации пространственных и субстанциональных геоданных посредством системы географических координат и картографических проекций. На этом этапе в результате совмещения топологических и субстанциональных параметров ГС создается геоинформация – регистрируемый

факт сущности и пространственного размещения географического объекта. Она зафиксирована в мышлении, либо в программной среде в виде геодезических координат и атрибутивных таблиц, представлена в цифровой форме и предназначена для процессорного хранения и обработки.

Этап 2 – создание КИ посредством кодирования геоданных элементами языка карты. В результате образуется КИ как знаковый эквивалент геоинформации, приемлемый для всех участников территориальной деятельности и обучения. Она зафиксирована условными картографическими знаками в виде штриховых и фоновых графических элементов, представлена цифровыми и аналоговыми объектными слоями и предназначена для коммуникации пространственных сведений.

Этап 3 – преобразование КИ посредством картографического моделирования для оценки и познания действительности. Он заключается в манипулировании картографическими слоями с помощью прикладных и аналитических операций программной среды. Результат картографирования – топографические и тематические карты, результат моделирования – географические гипотезы, концепции, теории. При этом КИ представляет собой территориальную совокупность однородных геоданных, актуальную для решения пространственной задачи. Она зафиксирована в ГИС в виде цифровых и аналоговых геоизображений и предназначена для метрической оценки ГС.

Этап 4 – воспроизводство и обновление КИ для обеспечения непрерывной территориальной деятельности социума. Он реализуется при участии государства посредством организации геодезических и картографических предприятий, профильных образовательных и научно-исследовательских учреждений, обеспечивающих ее непрерывное производство и распространение в виде документов для нужд хозяйства, обороны, образования и т. п. На этом этапе КИ представляет собой общественно полезный продукт научно-производственной деятельности. В основном она зафиксирована в аналоговой форме в виде карт, учебников, научных трудов, фондов и т. п. и предназначена для массового использования и ретрансляции географических знаний.

В основе классификации КИ лежит её дифференциация на шесть видов, характеризующихся спецификой отображаемых компонентов ГС. Каждый вид КИ, в зависимости от происхождения, может быть отнесен к одному из типов и обладать свойствами ценности, актуальности и доступности (рисунок 3). Свойство актуальности КИ приобретает в результате внешних факторов и зависит от субъективной воли либо объективных географических событий. Важной характеристикой актуальности КИ является территориальность – пространственная принадлежность информационного массива проблемному ареалу земной поверхности. Кроме того, актуальность КИ характеризуется ее предметной валидностью – соответствием имеющихся показателей, опи-

сываемым свойствам объекта либо процесса и решаемым задачам. Репрезентативность КИ определяется полнотой территориального покрытия информационного массива. Свойство ценности КИ является внутренним качеством и характеризует ее состояние в процессе хранения. Структурность отражает порядок связи отдельных показателей в составе всего массива, обеспечивает его целостность и тождественность при информационных преобразованиях. Надежность определяется происхождением КИ, характеризует ее легитимность и соответствие нормативным требованиям. Точность КИ зависит от математической основы, либо от достоверности сведений. Свойство доступности определяется условиями использования и режимом хранения КИ и характеризует уровень информатизации коллектива, решающего территориальную задачу. Кроме того, доступность КИ ограничивают формы хранения (форматы) сведений, требующие особых технических условий для их использования и дальнейшего преобразования (наличие специального оборудования, квалифицированных исполнителей и т.п.).

Типы	Виды	Свойства	Характеристики
Полевая КИ	Топографическая	Актуальность	Территориальность
	Геофизическая		Валидность
Камеральная КИ	Геохимическая	Ценность	Репрезентативность
	Биологическая		Структурность
	Социальная		Надёжность
	Экономическая	Точность	
		Доступность	Режим хранения
			Форма хранения
			Технологическая ёмкость

Рисунок 3 – Современная классификация КИ

Таким образом, КИ является продуктом идеального, материального и виртуального отображения действительности при организации территориальной деятельности. Она реализуется в новых знаниях, государственных и административных решениях, природохозяйственных и экологических мероприятиях и т.п. В идеальном виде – это фиксированные в мышлении территориальные модели отдельных субъектов, региональных, национальных и корпоративных коллективов. В материальном виде – это аналоговые и цифровые картографические модели, базы данных, ГИС и т.п.

Во *втором разделе* определена специфика картографического мониторинга гео-систем (КМГС), рассмотрена его современная организация, выявлены пространственно-временные уровни. Современная географическая среда представляет собой совокупность природных, природно-антропогенных и антропогенных ГС. Их континуально-дискретное устройство проявляется наличием соподчиненных, целостных, качественно отличающихся участков земной поверхности – природных ландшафтов. Именно

ландшафты вмещают природные ресурсы и являются пространственной основой хозяйственной деятельности. Таким образом, предметная область КМГС представляет процесс изменения хозяйственно используемых ГС, их качественно-количественную динамику и пространственно-временную организацию. Развитие таких ГС следует рассматривать как процесс функционирования системы природопользования – территориального комплекса природных и антропогенных объектов, используемых в единых географических и экономических условиях хозяйствования.

Специфика КМГС заключается в том, что оценка пространственной и качественно-количественной трансформации ГС осуществляется посредством картографического отслеживания их метрических параметров и топологических отношений. Регистрация и кодирование параметров ГС осуществляется на основе грамматического строя языка карты. КМГС основывается на принципах математической формализации (масштаб, проекция), знаковой символизации, генерализации и системного подхода к отображаемым объектам и процессам. При этом он базируется на основных принципах географических исследований: полевая и камеральная регистрация ГС; использование географических методов исследования; геосистемный подход к природопользованию; оценка трансформации ГС.

Различные природа происхождения, пространственная структура и объемы информационных массивов определяют необходимость организации мониторинга на различных пространственно-временных уровнях (рисунок 4).

Уровень мониторинга	Объекты мониторинга	Территория мониторинга	Период монит-га	Масштабы карт
Глобальный	географические пояса, физ.-гео. зоны	континенты и океаны, группы государств	более 100 лет	мельче 1 : 1 000 000
Региональный	физ.-гео. провинции и районы, группы геомов	регион, государство, бассейн крупной реки	50 - 80 лет	1 : 1 000 000 1 : 500 000
Локальный	геомы, местности	бассейн реки, административный район, город	20 - 30 лет	1 : 200 000 1 : 100 000 1 : 50 000
Объектный	урочища, фации,	сельский населенный пункт, землепользователь	5 - 10 лет	1 : 50 000 1 : 25 000 1 : 10 000

Рисунок – 4 Пространственно-временные уровни КМГС

Выбор уровня КМГС зависит от предметной области решаемой задачи, физико-географических характеристик территории, размеров и структуры единиц природопользования и периода оценки. Цензы и механизм генерализации КИ при ее развёртке на уровнях КМГС определяются посредством понятия информационного сценария

природопользования, представляющего собой совокупность тематических слоёв и топоосновы соответствующего масштаба.

В *третьем разделе* рассмотрены современные теоретические концепции картографии, выполнен анализ информатизации картографического метода и сформулирована информационная концепция КМГС. Установлено, что в результате информатизации картосоставительских и картоиздательских процессов происходит модернизация КМИ по следующим научно-техническим направлениям: технологическому, программно-техническому и информационно-телекоммуникационному. Технологическая модернизация КМИ обусловлена внедрением современной геоинформационной технологии, основанной на воспроизведении актов интеллектуальной деятельности человека в виде автоматизированных операций микропроцессорной техники. Особенность этой технологии состоит в том, что для нее информация – не только продукт, но и исходное сырье, а микропроцессорное моделирование позволяет обрабатывать намного больший объем данных, чем содержит конечный результат. Достоинство этой технологии заключается в возможности однозначной обработки метрических и семантических геоданных с помощью единой системы логико-математических моделей в рамках единого программно-аппаратного комплекса. Необходимым модулем создания КИ в условиях технологической модернизации является предметно ориентированная ГИС. Субстанциональная и топологическая модели геоданных интегрированы в ГИС с помощью геоинформационного поля на основе системы картографических проекций. Таким образом, технологическая модернизация обеспечивает автоматизацию всех операций, приёмов и методик картографирования, способствует снижению трудозатрат и оперативности обновления картографической продукции.

Программно-техническая модернизация КМИ связана с повсеместной организацией баз геоданных и внедрением современных приборов оценки геосвойств, выполняющих математическую регистрацию и численное воспроизведение параметров ГС. Современные геохимические и геофизические приборы укомплектованы приемниками глобального позиционирования, что обеспечивает одновременную регистрацию субстанциональных и топологических геоданных и их последующий экспорт в информационную среду. Важное значение приобрели виртуальные средства создания КИ, которые реализуются с помощью специализированных программ и позволяют автоматизировать типовые приемы обработки и анализа геоданных. К ним относятся математические операции, символьные преобразования, качественно-количественная классификация, визуализация и др. При этом нет необходимости в промежуточном закреплении КИ в виде «бумажной» карты. Таким образом, программно-техническая модернизация обеспечивает высокую точность топографической съемки и математической ос-

новы карт, возможность интерактивного редактирования КИ на всех этапах составления и подготовки к изданию.

Информационно-телекоммуникационная модернизация КМИ связана с глобальным взаимодействием субъектов, организаций и сообществ путем предметных телекоммуникационных систем, обеспечивающих доступ к информационным ресурсам и сервисам. Такое технологическое решение позволяет вести поиск и моделирование КИ с помощью картографических сервисов удаленного доступа. Современная стандартизация интерфейсов, методик доступа, языков запросов дает возможность пользователю взаимодействовать с любым сервисом вне зависимости от его архитектуры и технологической реализации. Организация удаленного доступа к таким хранилищам и непрерывное совершенствование картографических приложений способствуют развитию телекоммуникационного картографирования.

Таким образом, модернизация картографической деятельности проявляется в новом техническом оформлении и теоретическом осмыслении её в качестве системы технологических и аналитических процессов создания и преобразования КИ. Практический результат модернизации – техническое переоснащение всех процедур топографо-геодезического и картографического производства, позволившее радикально изменить представления о познавательных возможностях КМИ. С теоретической точки зрения, в результате модернизации усилились методологические позиции метода как технологической основы междисциплинарной интеграции наук о Земле на базе категории КИ.

Сущность информационной концептуализации КМГС заключается в выявлении информационных концептов, описывающих отдельные этапы картографического исследования ГС и установлении связи между ними на основе информационных и технологических закономерностей. Системообразующим основанием концептов служат базовые постулаты, утверждающие сущность КИ на каждом этапе отображения действительности и являющиеся исходными принципами для логических построений и дедуктивных выводов концепции (рисунок 5). Информационный постулат определяет форму КИ на конкретном этапе отображения действительности, а концепт раскрывает смысловое содержание этапа и выполняемых при этом человеко-машинных действий. Каждый концепт характеризует современное знание определенного вида картографической деятельности и дает научное обоснование специфики КИ как продукта этой деятельности. Он закреплен в обществе с помощью научной, технической, нормативной и учебной литературы и функционирует в режиме объяснения-обучения.

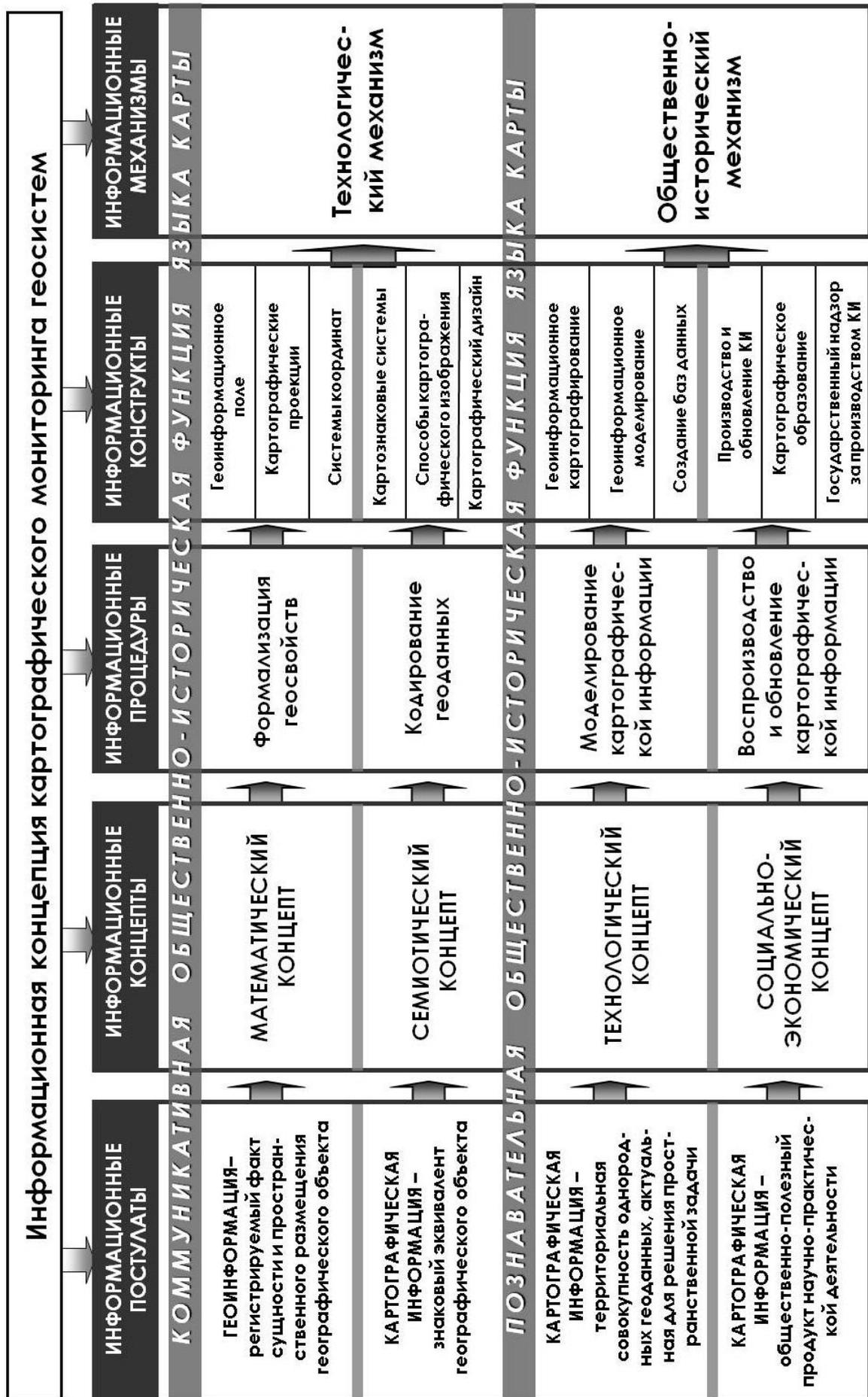


Рисунок 5 – Структура информационной концепции КМГС

Этап локализации геоданных описывает математический концепт, базирующийся на законах математической картографии и раскрывающий смысловое содержание математических элементов карты: геоинформационного поля, масштаба, картографической проекции и системы координат. Геоинформационное поле является векторной моделью земного геоида, представляет собой позиционную систему счисления, организованную в программной среде в виде трехмерного множества пространственных позиций и устанавливающую однозначный порядок их локализации. Каждая позиция соответствует ограниченному ареалу земной поверхности (условной точке) и регистрируется планово-высотными геодезическими координатами. Таким образом, математический концепт определяет метрическую связь между виртуальным геоинформационным полем и отображаемой земной поверхностью и обосновывает механизм образования КИ.

Семиотический концепт описывает процесс картографического кодирования геоданных с целью их визуализации в программной среде. Элементы языка карты реализуются в материальных графических знаках и связаны со зрительным аппаратом человека и физиологической работой мозга. Они отражают смысл и идею объекта кодирования и хранятся в сознании субъекта в форме идеального отображения. В результате картографического кодирования геоданные, с одной стороны, выражают пространственную определенность объектов, а с другой – характеризуют их субстрат. Механизм картографического кодирования определяют законы визуального восприятия объективной реальности, а в качестве элементов условных знаков выступают графические примитивы и фигуры, цветовые стимулы, их комбинации и совокупности. Благодаря устанавливаемым отношениям значений между сигнификатами и денотатами объектов картографические знаки отображают и дифференцируют действительность и, следовательно, воспроизводят её смысловые значения. Технологический концепт описывает совокупность технических устройств, программных средств и выполняемых действий при преобразованиях КИ. Он базируется на теоретических положениях составления и редактирования карт и правилах генерализации. Социально-экономический концепт характеризует процесс непрерывного воспроизводства и распространения КИ на основе картографо-геодезической деятельности с целью обеспечения потребностей общества. Основные практические задачи в этом направлении – производство КИ, картографическое образование и государственный надзор за картографо-геодезической деятельностью.

Теоретические концепты реализуются в производственных, учебных и научно-исследовательских коллективах на основе организации управляемых информационных процедур. Процедуры определяют порядок человеко-машинных действий при регист-

рации и анализе ГС, они базируются на опыте и прикладных знаниях соответствующих научно-технических дисциплин и выступают как практические методики преобразования КИ на каждом этапе. Материально-технической основой процедур служат информационные конструкторы, обеспечивающие материализацию КИ отдельными субъектами и коллективами. Конструкторы отражают инструментальный аспект процедур и обеспечивают оформление конечного информационного продукта и взаимосвязь теоретического знания с практической реальностью. Процедуры формализации и кодирования ГС формируют технологический механизм создания КИ, процедуры моделирования и воспроизводства КИ формируют общественно-исторический механизм, обеспечивающий использование КИ.

В *четвёртом разделе* рассмотрены особенности информационной регистрации ГС и картографирования их динамики, разработана типизация картографического моделирования, предложена система информативных картографических моделей для отображения геообъектов и сформулирован технологический механизм КМГС.

Информационная регистрация ГС представляет собой процесс однозначного и подобного отображения их метрических и субстанциональных параметров в геоинформационном поле на основании картографической проекции. При регистрации геоинформационного поля заполняются векторными примитивами (векторизация) в соответствии с геодезическими координатами узлов картографируемого объекта, в результате чего создается его координатная модель. Такая форма записи дает возможность вероятностно-статистического подсчета объема КИ и определения связей и отношений между бесконечным множеством объектов путем построения топологической модели. Создание и хранение топологических связей обеспечивает эффективное использование данных, ускоряет обработку их больших объемов, позволяет выполнять различные операции географического анализа. Для представления тематических данных в информационной среде на основе реляционной модели описания создаётся субстанциональная модель ГС. Она формируется в автоматическом режиме как таблица атрибутов, где хранятся содержательные данные в виде кодированного набора чисел или символов. Таблица отражает тип объектов реального мира, а каждая ее строка – конкретный объект.

В результате однозначной локализации пространственных и субстанциональных параметров однородных объектов в геоинформационном поле создается тематический слой, где каждый объект имеет уникальный идентификатор, характеризуется однозначным местоположением и набором атрибутов. Для разновременных данных дополнительно вводится идентификатор времени и объекты организуются в разновременные тематические слои. Специфика картографической регистрации определяет набор

общих картометрических (геодезические координаты, высота над у. м., экспозиция, уклон, протяжённость, площадь) и морфометрических (плотность, концентрация, централизация, сосредоточенность, густота, извилистость, симметричность, ориентация, однородность и др.) показателей для отслеживания состояния и динамики отдельных объектов и ГС в целом.

Для непрерывного мониторинга ГС посредством оверлейных операций с основными тематическими слоями (ландшафты, почвы, землепользование, административно-территориальное деление, бассейны рек и др.) создается картографическое хранилище векторных данных в виде рабочего покрытия (shp-файл) и реляционной базы данных (dbf-файл) (рисунок б).

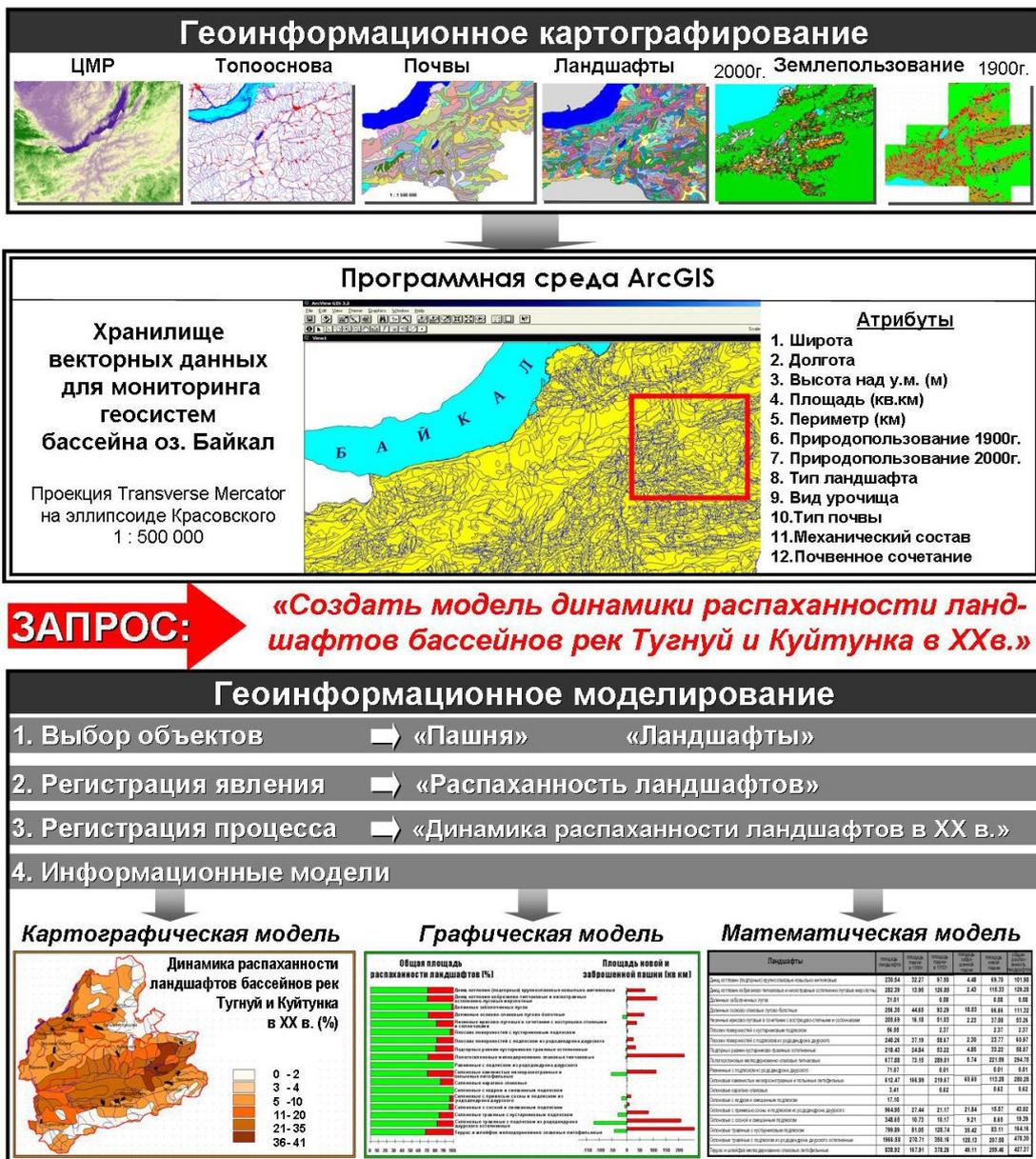


Рисунок б – Технологическая схема хранилища векторных данных

Границы тематических объектов являются пространственными критериями для плано-высотной оценки ГС. База данных хранилища содержит атрибуты всех со-

вмещаемых слоев, для каждого атрибута создана avl-легенда, позволяющая моментальное формирование визуального представления геоданных. Хранилище открыто для ввода цифровых геоданных любой тематики. В зависимости от целей и задач исследования оно позволяет создавать производные покрытия по выбранным пространственным критериям. Методика использования хранилища заключается в формировании множества картографических представлений, в которых меняются лишь элементы содержания и способы картографического изображения объектов, а целостность и топологическая связность массивов данных сохраняется и не зависит от их комбинирования. Использование указанного подхода обеспечивает удобство любых преобразований, как в интерактивном, так и в автоматическом режимах. Такое управляемое картографирование оптимизирует решение традиционных задач, связанных с выбором математической основы и компоновки карт, позволяет оперативную смену проекций, свободное масштабирование, обеспечено новыми изобразительными средствами и алгоритмами автоматической генерализации, а составление и оформление карт, подготовка к изданию реализуются на одном рабочем месте. При этом виртуальные изображения постоянно трансформируются и редактируются, что сближает процессы создания и использования карт.

Интерактивная работа с хранилищем векторных данных осуществляется посредством информационных запросов – совокупности последовательных операций программной среды, формируемых пользователем и отвечающих заданным субстанциональным и пространственным критериям. Например, на запрос «Создать модель динамики распаханности природных ландшафтов в XX в.» первым шагом реализации запроса является выбор объектов моделирования (пашня и ландшафты). Затем устанавливаются топологические отношения между этими слоями и выполняется автоматизированная метрическая оценка образовавшихся полигонов. В результате этих операций создается новый слой, регистрирующий пространственное и количественное состояние моделируемого явления (в данном случае распаханность ландшафтов).

Наиболее эффективным способом использования КИ является теоретико-картографическое моделирование как результат совместного применения идеальных и виртуальных образно-знаковых моделей. Двойственная природа происхождения геоданных определяет существование двух типов геоинформационного моделирования: пространственного и субстанционального (рисунок 7). При геометрическом моделировании осуществляется изменение местоположения объектов и их геометрических параметров в системе геодезических координат. В результате проекционного моделирования происходит преобразование метрических характеристик объектов посредством изменения параметров картографической проекции. Масштабное моделирование

заключается в манипулировании параметрами ГС на основе изменения масштаба геоинформационного поля и использовании диапазона видимых масштабов. Надежность пространственного моделирования определяется точностью топоосновы. Эффективность субстанционального моделирования определяется возможностями программного обеспечения и во многом зависит от квалификации специалиста. Математическое моделирование заключается в использовании различных классификаций объектов и процессов с целью определения их места и значения в ГС. Принципы классификации устанавливаются на основании законов предметной области, которой принадлежит географический объект или явление. Результатом классификаций являются специальные шкалы и наборы допустимых операций с их значениями. Моделирование осуществляется с помощью алгоритмов автоматической классификации программной среды (равных интервалов, равных площадей, естественных границ, квантилей, стандартного отклонения и др.).

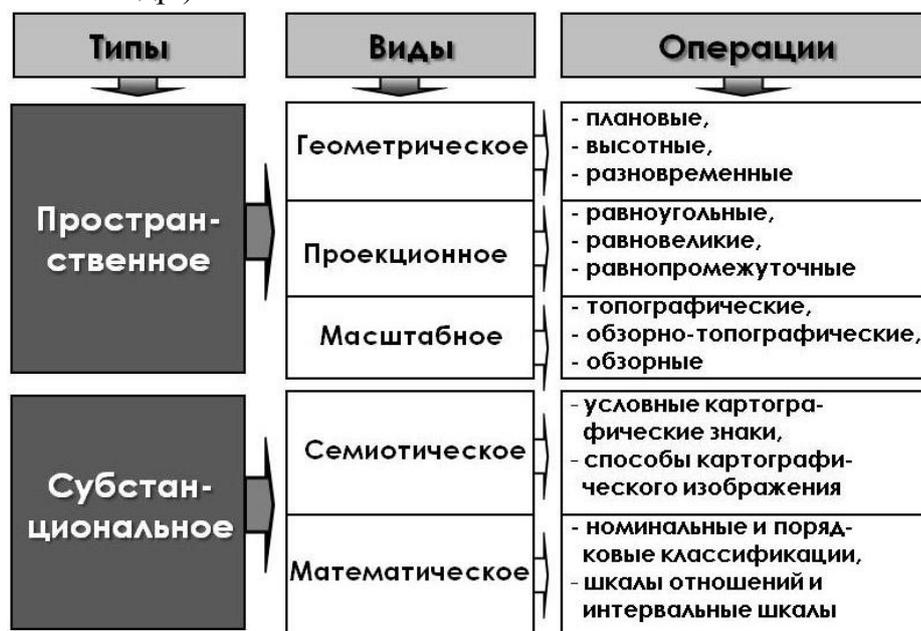


Рисунок 7 – Картографическое моделирование

Семиотическое моделирование осуществляется посредством манипулирования способами картографического изображения и построением информативно ёмких условных знаков, обеспечивающих адекватное отображение динамичных объектов и процессов. Наши эксперименты по визуальному восприятию позволили выявить психологические закономерности: «динамичное – максимально информативное» и «стабильное – минимально информативное». Степень психологического воздействия на субъект определенной значковой модели связана с объемом информации, который она в себе содержит. Чем сложнее графическая модель, тем больше усилий необходимо затратить на визуальный анализ: восприятие, различение, идентификацию, сравнение и запоминание. Таким образом, информативность графической модели определяется

структурой графознака и зависит от психологических констант (форма, соответствие закону всемирного тяготения, асимметрия, ориентировка модели и конструктивных элементов). На основании экспериментального материала разработана система условных значковых и площадных моделей для оптимального соответствия плана содержания динамической информации ГС плану её выражения средствами языка карты. Кроме того, установлено, что цвет всегда несёт субъекту некоторый объём информации. По этой причине чистые цвета, содержащие минимум информации, наиболее привлекательны для человека. Смесь же цветовых стимулов обладает большей информативностью, так как увеличивает нагрузку на работу зрительных анализаторов. Таким образом, чем дальше друг от друга в спектре расположены смешиваемые цветовые стимулы, тем информативнее будет их смесь, а цветовой тон при этом выступает как независимый графознак, имеющий помимо формально-семантических свойств, способность выражать динамические различия денотатов. Установлено, что оптимальное количество порогов информативности цвета – шесть, формы – от четырех до восьми, в зависимости от используемого параметра и размера модели. При разработке условных знаков свойство информативности цвета и формы позволяет в семантическом аспекте добиться соответствия плана содержания КИ плану её выражения, в формальном аспекте – строить логические знаковые ряды, имеющие легко читаемую иерархию.

Технологический механизм КМГС представляет собой совокупность человеко-машинных операций и процедур, обеспечивающих, в рамках отдельного проекта, преобразование геоданных в картографическую форму и включает 10 этапов: 1 – редакционно-подготовительные работы; 2 – формализация листов разновременных карт; 3 – создание разновременных объектных слоев; 4 – геометрическая коррекция объектных слоев; 5 – наполнение таблиц атрибутов объектных слоев; 6 – создание объектных слоев динамики; 7 – создание рабочего покрытия; 8 – геоинформационное картографирование динамики; 9 – геоинформационное моделирование динамики; 10 – составление результирующих карт мониторинга. Познавательный замысел этого механизма реализуют две технологии – геоинформационного картографирования и геоинформационно моделирования. Технология картографирования представляет собой регламентированный производственный процесс, обеспечивает территориальную деятельность социума актуальными сведениями в виде топографических и тематических карт. Таким образом, она решает задачу инвентаризации и описания действительности и нацелена на материализацию КИ в виде цифровых и аналоговых документов для нужд хозяйства, населения, образования и т.п. Технология моделирования реализуется в идеальной сфере человеческой деятельности, представляет собой творческий процесс индивидуального характера, базируется на индуктивных обобщениях и дедуктивных

умозаключениях, осуществляется одновременным манипулированием идеальных и виртуальных картографических образов. Она нацелена на разработку пространственных гипотез и имитацию сценариев динамики ГС и решает задачу объяснения их связей и законов развития. При этом, получаемая новая (индуктивная) КИ закрепляется с помощью аналитических, синтетических и прогнозных карт.

В *пятом разделе* выявлена социальная нормативная система КМГС, раскрыта социально-техническая деятельность по отслеживанию изменения земной поверхности, описана эволюция мониторинга и рассмотрены ее отдельные периоды, сформулирован общественно-исторический механизм картографического мониторинга.

Процесс освоения и познания земной поверхности привел к формированию картографического способа отображения ГС как инструмента социальной памяти, обеспечивающего хранение и передачу территориальных сведений в отрыве от осуществляемых на местности действий. При этом в обществе выделилась социальная нормативная система, определяющая порядок действий по отслеживанию параметров используемых ГС и ретрансляции этих сведений и опыта от поколения к поколению. Нормативная система КМГС обеспечивает целенаправленное поведение участников и набор действий (межевание, картографирование, космосъемка и др.), которые сохраняются, воспроизводятся и передаются от участника к участнику за счет обучения. Кроме того, благодаря отражению меняющейся действительности каждый участник создает новую КИ и является ее носителем, а картографические модели являются предметами её ретрансляции. Таким образом, в социуме сформировалась научно-техническая деятельность, обеспечивающая непрерывную картографическую регистрацию и мониторинг ГС. Мотивом этой деятельности является необходимость использования занимаемой территории для удовлетворения своих потребностей. Целью является оперативное создание точной и надёжной КИ о состоянии и динамике используемых ГС для оптимизации природопользования. Средствами деятельности являются используемые ГС, а также их модели-заместители. Предметами деятельности служат приборы и инструменты, методики и технологии оценки и анализа физико-химических характеристик ГС, а также виртуальные программные разработки. Общественно-полезным продуктом является КИ – социально значимые сведения для организации территориальной деятельности.

Эволюция КМГС раскрыта в контексте научно-технического прогресса на основе анализа исторических, географических и технологических закономерностей развития общества (рисунок 8). Начало топонимического периода связано с возникновением звуковой речи и созданием топонимов – локализованных на земной поверхности нематериальных и социально передаваемых знаков. Таким образом, впервые была созда-

на территориальная система отсчета, позволяющая создавать мысленные карты занимаемого пространства, приемлемые для всех членов социума. Началу геометрического периода способствовало обособление человеческих сообществ по культурно-хозяйственным особенностям природопользования и дифференциация технологий оценки территории. Основным результатом периода является разработка геометрических операций измерения земной поверхности и методики глазомерной съёмки. В географический период сформулирована теория о форме Земли и установлены понятия о широте и долготе места, предложены первые методы определения положения точек земной поверхности из астрономических наблюдений, разработана географическая система координат для создания моделей земной поверхности.

Периоды	Хронология	Средства мониторинга	Технологии мониторинга	Модели мониторинга
1. Топонимический	ок. 50 тыс. – 15 тыс. лет до н. э.	части тела, суточные и годовые ритмы	использование генетических пространственных навыков	мысленные карты, наскальные рисунки, системы топонимов
2. Геометрический	15 тыс. лет до н. э. – VI в. до н.э.	измерительные приспособления и устройства	прикладные геометрические измерения при организации природопользования	чертежи, описания
3. Географический	V в. до н.э. – XV в.	навигационные устройства, шкалы и классификации	градусные измерения, картографирование, архивирование и систематизация геоданных	карты, портуланы, письменные труды
4. Геодезический	XVI в. – середина XX в.	оптико-механические приборы	триангуляция, гравиметрические измерения, атласное картографирование, аэросъёмка	картографические проекции, эллипсоид вращения, аэроснимки
5. Геоинформационный	середина XX в. - современность	микропроцессоры, электронные и лазерные приборы, искусственные спутники Земли	геоинформационная технология, космосъёмка, глобальное позиционирование	геоид, геоинформационное поле, геоизображения

Рисунок 8 – Эволюция КМГС

Во время геодезического периода разработаны основы технологий триангуляции, нивелирования и базисной полигонометрии, а также сформулировано понятие о геоиде. Основными результатами периода являются инструментальная оценка формы и размеров Земли, разработка методики топографической съёмки территории и правил отображения земной поверхности на плоскости посредством картографических проекций. Начало геоинформационного периода обусловлено появлением микропроцессорной технологии, позволяющей формализацию разнородных геоданных, их хранение и автоматизированную обработку. Размещение на околоземной орбите спутников Земли

способствовало появлению ДДЗ, развитию глобального позиционирования и телекоммуникации.

Реализация мониторинга в обществе происходит посредством организации социально-технических мероприятий, которые решают отдельную общественно значимую задачу по отслеживанию изменения ГС:

- 1 инвентаризация ГС;
- 2 ведение и обновление банка данных ГС;
- 3 оценка хозяйственного освоения ГС и экологических последствий;
- 4 реконструкция ГС;
- 5 моделирование сценариев развития экологобезопасного природопользования;
- 6 обеспечение органов территориального управления и населения актуальной

КИ о состоянии и динамике ГС.

Мероприятия реализуются в результате интеграции производственной и научно-технической деятельности различных отраслей промышленности, науки, образования посредством специализированных трудовых коллективов. Мероприятие 1 направлено на создание КИ и заключается в непрерывной регистрации территориальных параметров базовых пространственных объектов и осуществляется топогеодезическими и картографическими коллективами в рамках производственной деятельности. Мероприятие 2 обеспечивает хранение КИ и направлено на формирование информационных массивов, их унификации, каталогизации и т.п. в рамках научно-технической (архивной, библиографической, информационной) деятельности. Реализация мероприятий 3, 4 и 5 связана с картографическим моделированием и осуществляется научными, инженерными и учебными коллективами в рамках научно-исследовательской, научно-технической и образовательной деятельности. Мероприятие 6 нацелено на воспроизводство и распространение КИ в обществе посредством издательской, рекламно-агитационной, образовательной деятельности. Каждое мероприятие характеризуется особыми производственными условиями и специфическими результатами, имеет определенные временные параметры и технологическую и трудовую емкость.

Общественно-исторический механизм КМГС определяют три направления научно-технического развития общества, обеспечивающие преобразование субстанциональных и пространственных параметров ГС в знаниевые конструкции (рисунок 9). Система наук географического направления сформировалась в процессе познания отдельных компонентов географической среды и населения, а также синтетического исследования территориальных сочетаний этих компонентов. Для хранения и централизованного использования географических знаний создаются специализированные банки и базы знаний, проблемная ориентация которых определяется классификацией наук

о Земле. Геодезическое направление объединяет научные дисциплины, ориентированные на оценку пространственных параметров территорий и топологических отношений геообъектов. Главная задача этого направления – разработка теории фигуры планеты и построение опорных геодезических сетей. Оформление геоинформационного направления в самостоятельную область знаний происходит в результате использования микропроцессорных средств формализации геоданных и программ, имитирующих приемы интеллектуального анализа.

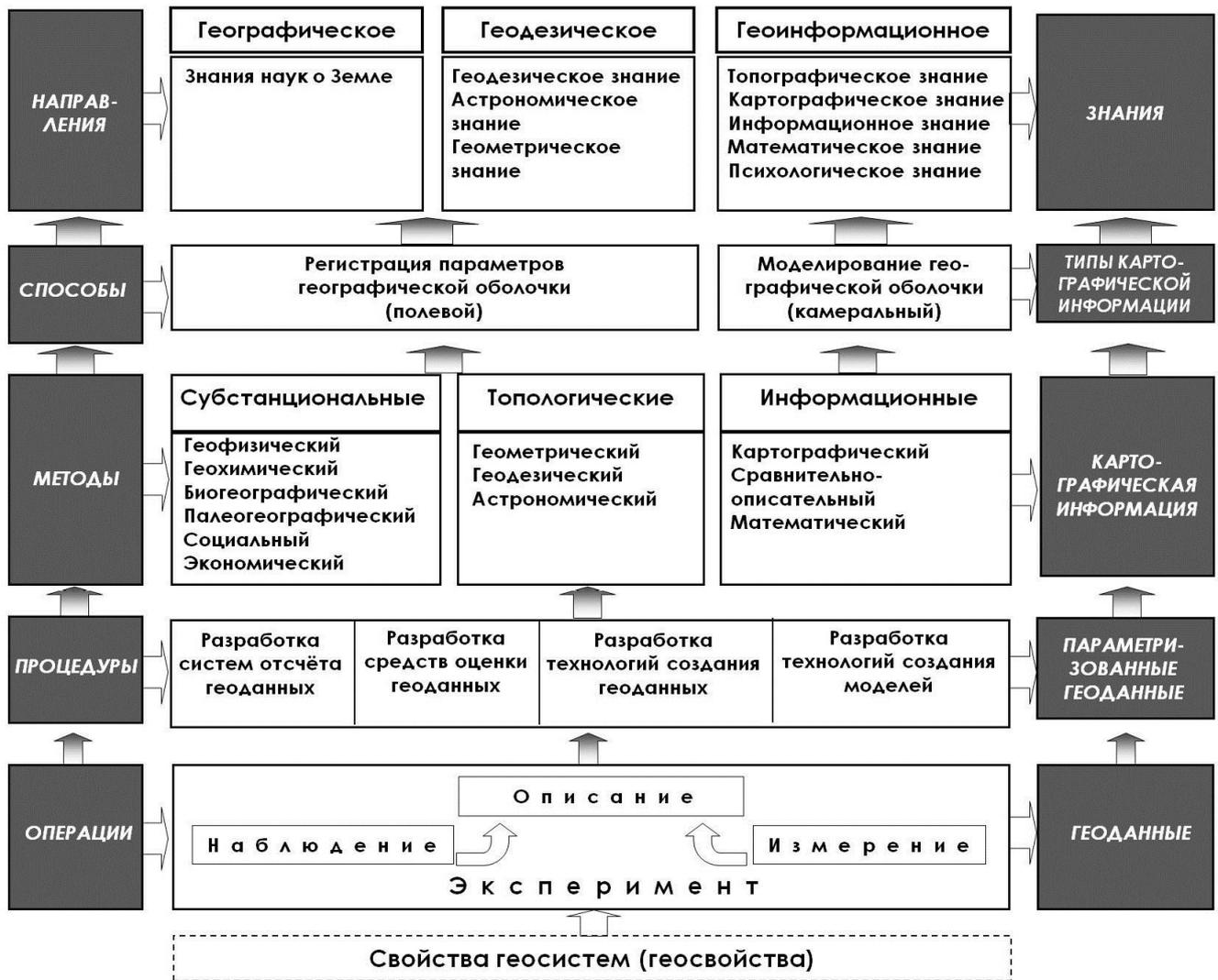


Рисунок 9 – Общественно-исторический механизм КМГС

Социальное развитие направлений сопровождается организацией научно-исследовательских и производственных учреждений, а также обеспечено учебными заведениями. Методической основой направлений являются специальные научно-технические дисциплины. При этом операции решают задачи создания геоданных, процедуры обеспечивают их параметризацию и закрепление в социуме, а также разработку эффективных технологий их визуализации и хранения. Методы решают задачу создания КИ как социально полезного продукта. Общественно-исторический механизм КМГС является методологической основой картографического отображения дей-

ствительности для нужд общества. В результате описания меняющейся земной поверхности, он непрерывно воспроизводит новую КИ и обеспечивает географическими сведениями новых членов социума. Его результат – географические знания и новые модели пространственного поведения социума. При этом он способствует реализации познавательной социальной функции языка карты.

Таким образом, в современном информационном обществе КМГС имеет высокое интеграционное значение, поскольку обеспечивает пространственную регистрацию любых географических сведений, является универсальным способом анализа разновременных и междисциплинарных геоданных и основным приёмом диагностики антропогенного преобразования земной поверхности.

В *шестом разделе* выполнена оценка пригодности ретроспективных топографических карт, разработана методика их автоматизации, создан Банк ретроспективных картографических данных и разработаны методические основы создания телекоммуникационных картографических сервисов.

Ретроспективными картами являются произведения, утратившие свою актуальность по причине изменений отображаемой земной поверхности, при этом они имеют важное научное значение для исследования долговременных природных, социально-экономических процессов, хозяйственного освоения территории, метрической оценки динамики ГС и т.п. Для оценки пригодности ретроспективных материалов в качестве документов КМГС был выполнен анализ двух комплектов ранее изданных карт:

- топографическая карта масштаба 2 версты в 1 дюйме (1:84 000), создана Корпусом военных топографов в 1896-1914 гг. (98 листов);
- карта земельного учета масштаба 1:50 000, составлена Народным Комитетом по землеустройству БМАССР в 1933-34 гг. (38 листов).

Анализ достоверности, точности и полноты содержания карт выполнен совместно с изучением литературы, картографических материалов и статистических источников начала XX в. Для определения приемов составления и принципов генерализации осуществлен сравнительный анализ ретроспективной и современной карты, сходной по назначению. На основании комплексного анализа, можно говорить о возможности использования этих карт совместно с современными. Этому способствуют единая картографическая проекция, единство картографируемых объектов и их характеристик, сходство принятых классификаций, преемственность методов составления и принципов генерализации. Эти карты являются высоко информативными и легитимными историческими документами, обладают полнотой содержания, достоверностью, представляют собой разновременные метрические модели территории и являются исходными данными для долгосрочного мониторинга ГС.

Методика автоматизации ретроспективных карт представляет последовательность операций программной среды Arc GIS. В процессе автоматизации осуществляется послойная векторизация элементов содержания и создание таблиц атрибутов. Для минимизации искажений топоосновы разработана методика геометрической коррекции. Она представляет совокупность технологических операций по исправлению векторных слоев посредством преобразований сети регистрационных точек, указывающих точечные объекты, либо пересечения линейных объектов, однозначно установленные на современной и ретроспективной топоосновах. Для каждого листа формируется массив таких точек, в качестве которых были использованы геодезические пункты, отметки высот, центры населенных пунктов, устья рек, пересечения дорог, культовые объекты. Установлено, что наименьшую ошибку планового положения объектов дает коррекция по устьям рек. В результате аффинного преобразования различных вариантов сети регистрационных точек выполняется координатная трансформация ретроспективных векторных слоев. Для последующей коррекции, на ретроспективной топооснове вновь указываются координаты регистрационных точек и выполняется координатная трансформация посредством алгоритма «резиновый лист». В этом случае исправление геометрических искажений выполняется вручную векторами смещения. Чем больше регистрационных точек, тем выше точность первичной коррекции. Зная характер ошибок исследуемых карт, на разных листах целесообразно выбирать различные варианты расположения регистрационных точек.

Таким образом, массив ретроспективных картографических ресурсов представляет собой набор векторных слоев и однозначно соответствующих таблиц атрибутов, дублирующих элементы содержания современных топографических карт. Атрибутивные таблицы создаются автоматически при экспорте каждого слоя в программную среду. Наполнение таблиц вручную осуществляет оператор ГИС. Ресурсы имеют математическую основу, аналогичную параметрам современных векторных слоев, единую систему классификации и кодирования и могут быть использованы при реализации всех операций КМГС.

На основании анализа и автоматизации указанных карт создан Банк ретроспективных картографических данных (БРКД) бассейна оз. Байкал по исторически важным временным срезам новейшей истории (рисунок 10). Банк является автоматизированной картографической системой и предназначен для систематизации разновременных цифровых картографических данных и предоставлении к ним многопользовательского доступа. Информационную основу БРКД составляют выше описанные базы ретроспективных данных, база топографических карт ГУГиК и Генерального штаба СССР издания 1950–1990-х гг., материалы ДДЗ. Карты, созданные в 1896–1914 гг. фиксиру-

ют физико-географическое состояние территории в период строительства Транссиба и являются основным материалом при исследованиях воздействия магистрали на ГС региона. Также эти карты отображают предреволюционное природопользование, а именно существование двух систем природопользования – традиционной скотоводческой и новой земледельческой и позволяют создавать карты-реконструкции системы адаптивного природопользования. Карты съемки 1934 г. отображают территорию до принуждения к оседлости и формирования постоянных бурятских населенных пунктов, а также до начала строительства промышленных предприятий в регионе.



Рисунок 10 – Банк ретроспективных картографических данных

Подсистема формализации карт предназначена для их преобразования в цифровую форму и геометрической коррекции. Подсистема хранения и обмена выполняет структурированное хранение картографических данных, обеспечивает информационный обмен между пользователями, а также позволяет эффективный поиск КИ. Подсистема унифицированного доступа обеспечивает регламентированное обращение к картографическим данным при помощи запросов, в соответствии с правами. Подсистема создания картографических отчетов позволяет создавать тематические карты, выполнять пространственный анализ в рамках алгоритмов программной среды, осуществлять подготовку картографических презентаций.

В результате организации телекоммуникационного доступа к ресурсам БРКД создан картографический атлас ретроспективных топографических карт приграничного Прибайкалья и Забайкалья (www.baikalgis.ru). Атлас представляет электронное картографическое произведение, организованное в среде Интернет, как совокупность листов единой топографической карты и массива метаданных. Структура атласа включает: листы топографической карты, метаданные о картах, методики автоматизации и геометрической коррекции карт в среде Arc GIS, список географических названий. Атлас является информационно-телекоммуникационным сервисом, позволяющим

интерактивную работу пользователей с картографическими ресурсами, проблемно ориентированными на комплексную оценку и мониторинг хозяйственного освоения ГС бассейна оз. Байкал. Он реализован в системе управления Bitrix с доступом по стандартному протоколу и работает на основе единой базы данных и стандартов обмена информацией. По пространственному охвату сервис является региональным ВЕБ-узлом, поскольку покрывает значительную территорию Байкальского региона. По содержанию он является комплексным, поскольку содержит карты взаимосвязанных явлений и фиксирует природные и социально-экономические характеристики ГС. По назначению является сервисом широкого использования и может быть применим как для справочных целей, поскольку позволяет получить полное представление о состоянии территории на рубеже XIX-XX веков, а также может служить метрическим инструментом при научном исследовании динамики ГС и мониторинге регионального природопользования. Значительный объем содержательной информации сервиса позволяет его использование при исследовании различных долговременных природных (опустынивание, заболачивание и др.) и социально-экономических (миграция населения и др.) процессов.

Таким образом, топографические карты разных лет издания представляют собой исторические материалы необходимой точности, полноты содержания и достоверности. По этой причине они являются легитимными документами для организации КМГС на базе геоинформационной технологии. Создание БРКД и организация телекоммуникационного картографического сервиса на его основе обеспечивает многопользовательский доступ к исторически важным пространственным материалам и способствует появлению в Байкальском регионе современного узла ИПД.

В *седьмом разделе* разработана и апробирована ГИС мониторинга регионального природопользования, выполнены инвентаризация природопользования бассейна оз. Байкал, мониторинг аграрного и селитебного природопользования в течение XX в., анализ трансформации ГС и прогнозное моделирование сценариев природопользования.

Для непрерывного отслеживания хозяйственного преобразования ГС бассейна оз. Байкал разработана и внедрена в управленческие и исследовательские структуры Республики Бурятия и Монголии ГИС картографического мониторинга природопользования (ГИСКМП) на основе пакета Arc GIS (рисунок 11). ГИСКМП представляет собой программно управляемый комплекс картографической регистрации объектов и процессов природопользования, позволяющий в интерактивном режиме оценивать и моделировать долговременную динамику хозяйственного использования и трансформацию ГС.



Рисунок 11 – Структура ГИСКМП

Техническую базу измерительной подсистемы составляют геохимические и геофизические приборы, предназначенные как для полевой регистрации геосвойств, так и для камеральной обработки геоданных. Основу информационной подсистемы составляют разновременные цифровые покрытия, тематические хранилища векторных данных, статистическая информация. Технологическая подсистема обеспечивает функционирование всех операций картографирования природопользования, обслуживается квалифицированным персоналом и распределена корпоративной сетью. Она обеспечивает возможность как интерактивной работы пользователя в режиме запроса, так и малотиражную печать КИ. Семиотическая подсистема обеспечивает эффективное картографическое кодирование и визуализацию геоданных. Аналитическая подсистема обеспечивает анализ геоданных и создание новой КИ. Планово-высотной основой ГИС является геоинформационная модель территории, созданная посредством совмещения векторной топографической основы главного масштабного ряда, цифровой модели рельефа и мультиканальной сцены Landsat.

В результате реализации мероприятий КМГС на бассейн оз. Байкал установлено, что основным фактором антропогенного воздействия на ГС региона в новейшее время явилось заселение и земледельческое освоение межгорных котловин. При *инвентаризации природопользования* наиболее освоенной части бассейна оз. Байкал трансграничного бассейна р. Селенга выполнена картографическая оценка хозяйственного освоения ГС, сравнительный анализ структур жизнеобеспечения и создана единая база данных регионального природопользования (рисунок 12).

В результате *реконструкции ГС* на начало XVII в. и XX в. определены пространственно-временные параметры адаптивного природопользования территории (рисунок 13). Установлено, что структура земельных угодий в то время во многом определялась преобладающим типом почвы. Наиболее ценными считались угодья на каштановых,



Рисунок 12 – Современное природопользование бассейна р. Селенга

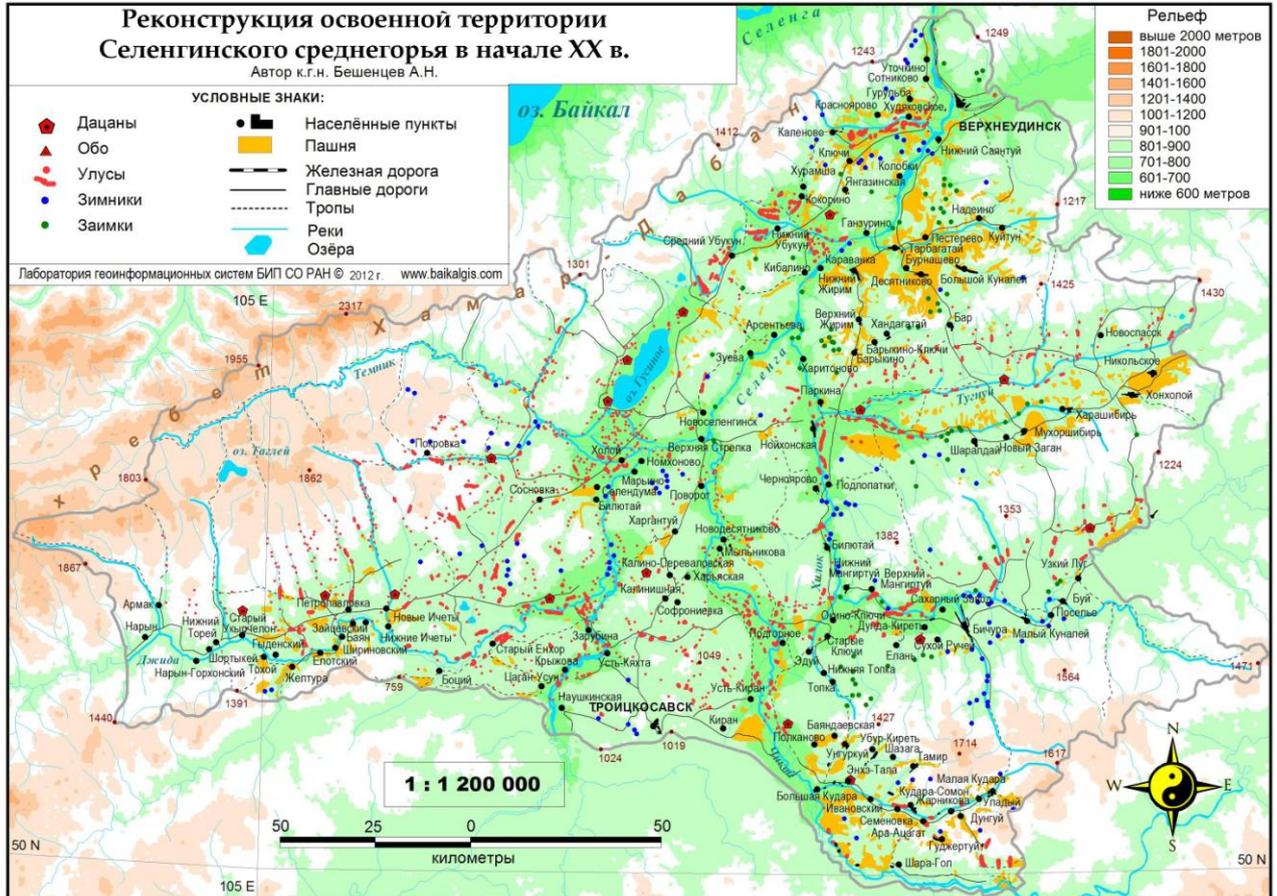


Рисунок – 13 Карта-реконструкция территории (около 1900 г.)

черноземных и серых лесных почвах. Такие ареалы локализовались в степных и лесостепных котловинных урочищах. Сенокосы размещались на аллювиальных и луговых заболоченных почвах в межгорных котловинах на долинных ландшафтах. Пастбища были представлены остепнёнными пространствами на черноземных, каштановых и аллювиальных почвах. По мере продвижения русских создавались населенные пункты вдоль крупных рек – Селенга, Чикой, Хилок, Джиды, формировалась регулярная система сухопутного и водного транспорта, появлялись постоянные селитебные комплексы – остроги. Освоение ГС начиналось с выбора места под пашню, что в дальнейшем определяло развитие селитбы и дорожной сети. Системы расселения русских формировались путем строительства крупных деревень с линейной поселковой формой расселения, с центром, где располагались церковь, а в последствие – школа.

В результате *оценки хозяйственного освоения ГС* выполнен мониторинг селитебного и аграрного природопользования. Установлено, что на начало XX в. исследуемая территория характеризовалась высокой плотностью улусов, здесь имелось 740 мелких и 380 крупных (площадью около 400 км²) улусов, с наибольшей концентрацией вокруг дацанов, и 124 русских населенных пункта (рисунок 14). Кардинальные изменения в системах расселения произошли в период коллективизации в 30-е годы и в результате политики укрупнения населенных пунктов, проводимой в 50-х-60-х гг. прошлого века. В этот период были ликвидированы мелкие улусы и 20 русских населенных пунктов, обострилась дифференциация поселений по социально-экономическому предпочтению. Появились пункты с отрицательной (36) и с положительной динамикой численности населения (53).

Освоение целинных и залежных земель в середине XX в. привело к значительному расширению посевных площадей. Анализ разновременных картографических источников показывает, что наибольшие площади были распаханы в период 1958-1972 гг. (рисунок 15). В результате освоения новых земель площадь пашни во всех категориях хозяйств увеличилась почти в два раза, но урожайность зерновых культур почти не изменилась, и рост производства зерна достигался преимущественно за счет расширения посевных площадей. В среднем на исследуемой территории минимальные размеры ареалов пашни за 100 лет увеличились в 5 раз, средние размеры – в 3 раза, максимальные – в 4 раза. Общая площадь пашни увеличилась в 2 раза, а общее количество ареалов сократилось в 1,5 раза, что говорит о значительной дробности пашни в начале века и меньшей уязвимости ГС.

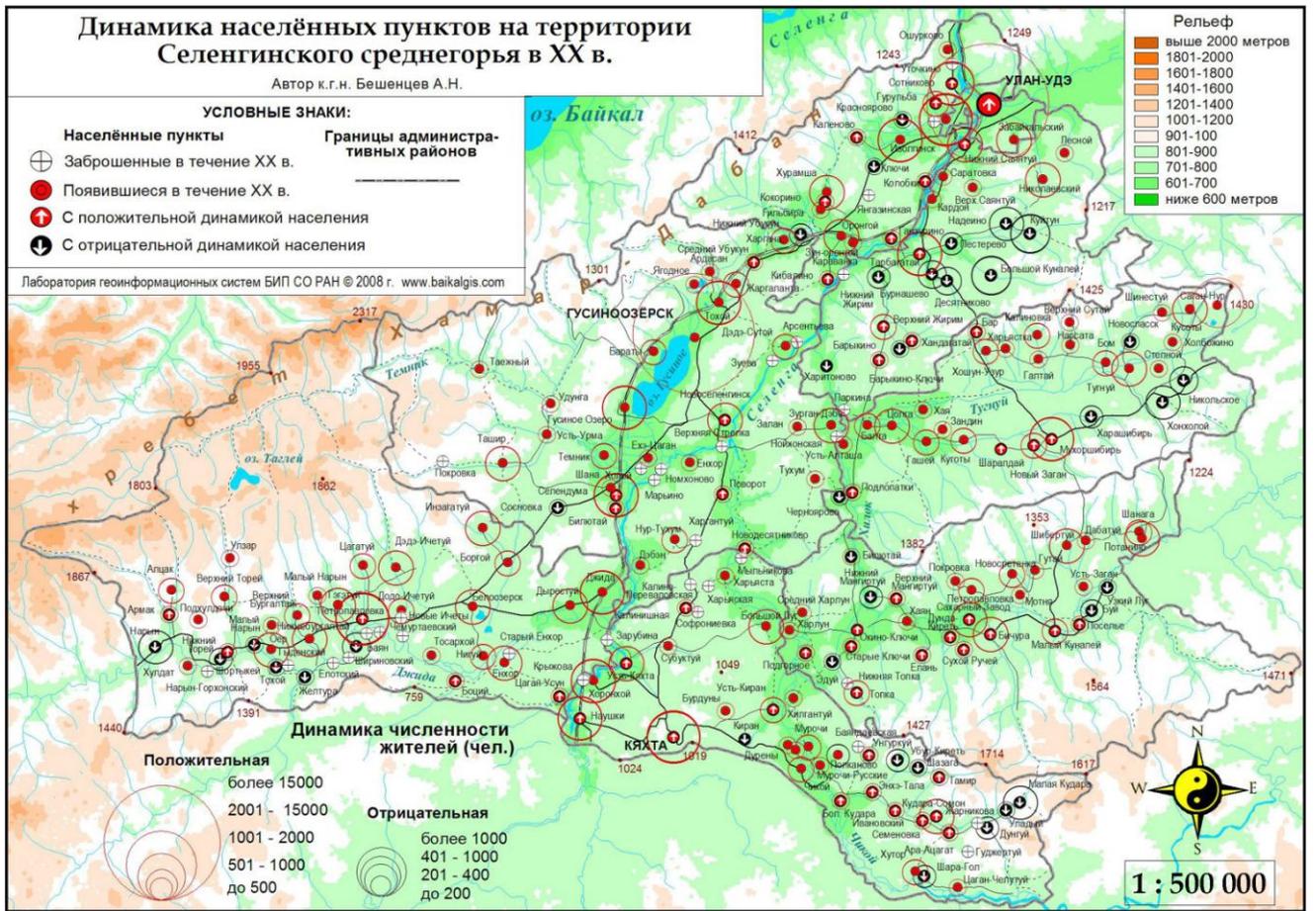


Рисунок 14 – Динамика населённых пунктов в XX в.

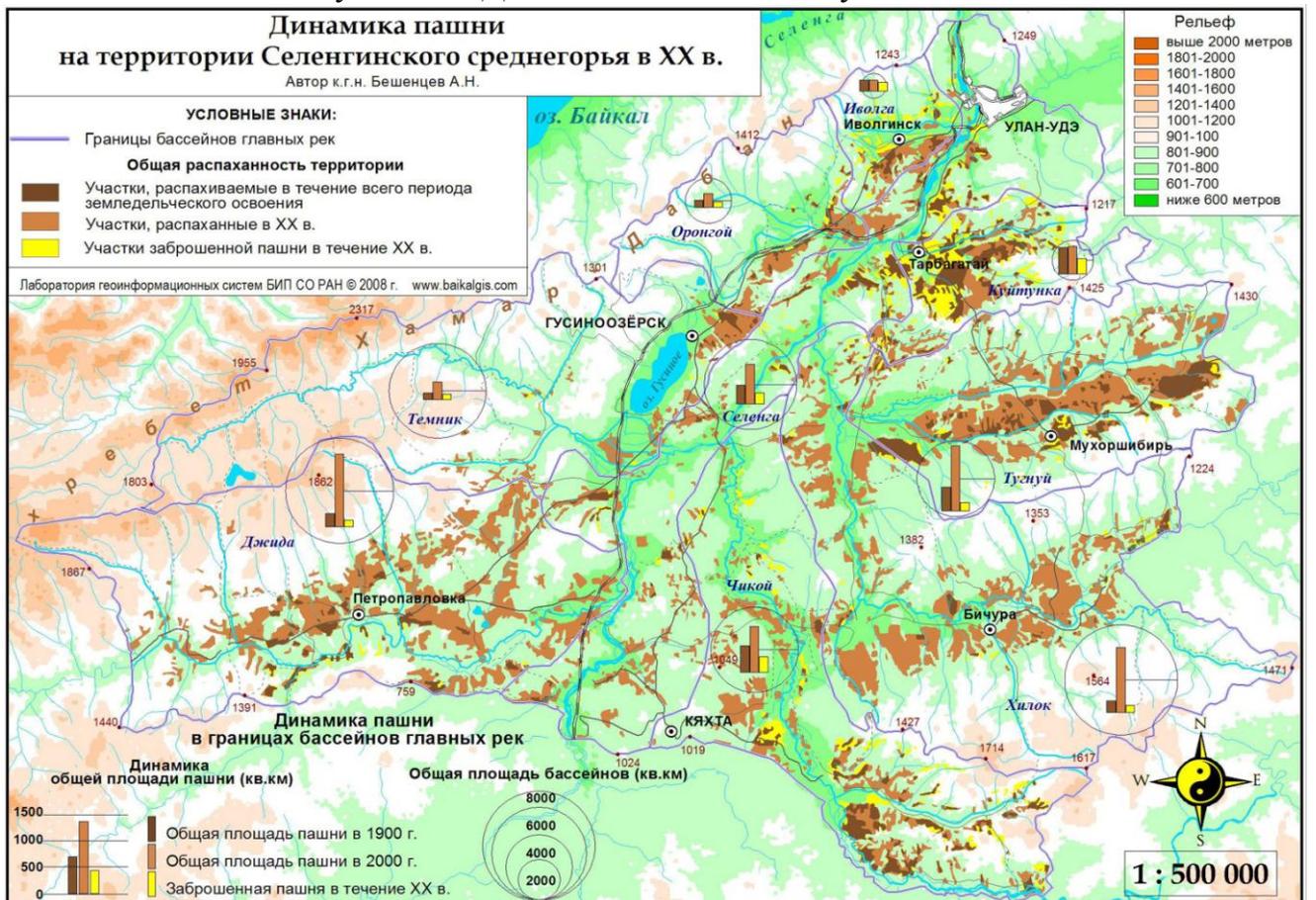


Рисунок 15 – Динамика пашни в XX в.

С распашкой природных ландшафтов и сведением лесного покрова была изменена структура земельных угодий, значительно увеличилась площадь пашни, причем за счет распашки легких песчаных и супесчаных почв. В результате *оценки экологических последствий природопользования* установлено, что участки ветровой и водной эрозии на исследуемой территории появились одновременно с подъемом целины, но активизация эрозионных процессов началась в 80-90-е годы прошлого века. Анализ динамики пашни и современной эродированности сельхозугодий позволил выявить и пространственно зафиксировать ареалы деградации ГС (рисунок 16).

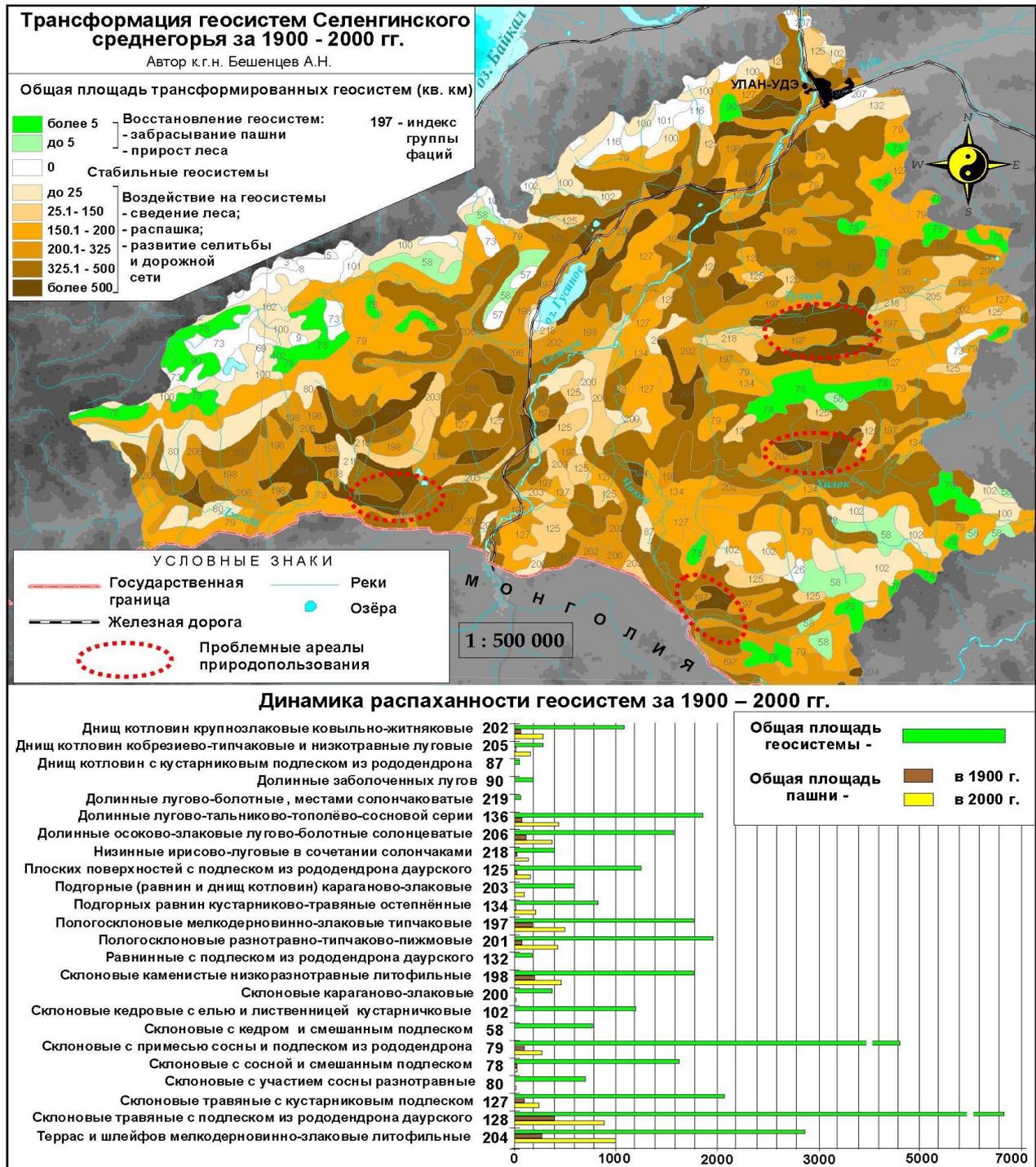


Рисунок 16 – Трансформация ГС в XX в.

Установлено, что процесс расселения на исследуемой территории консервативен: возникнув в определенном месте, поселение имеет тенденцию к существованию в течение длительного исторического периода, изменяясь под влиянием природных и социально-экономических факторов. На основании выявленных трендов динамики населения в XX в. и современных социально-экономических условий выполнено *прогнозное моделирование сценариев* расселения (рисунок 17). Можно предполагать, что на исследуемой территории ожидается снижение численности населения в мелких и средних населённых пунктах при увеличении численности жителей в районных центрах и посёлках городского типа. Кроме того, эффективная эксплуатация земельных ресурсов для скотоводства возможна при рассредоточенной сети поселений, когда ресурсы каждого ландшафта и отдельного урочища могут быть использованы с меньшей потерей времени и материальных затрат для передвижения скота и транспорта. Это обстоятельство будет играть ведущую роль в современных условиях реформирования сельскохозяйственного производства и способствовать формированию новых мелких животноводческих хозяйств на исторически освоенных ГС.

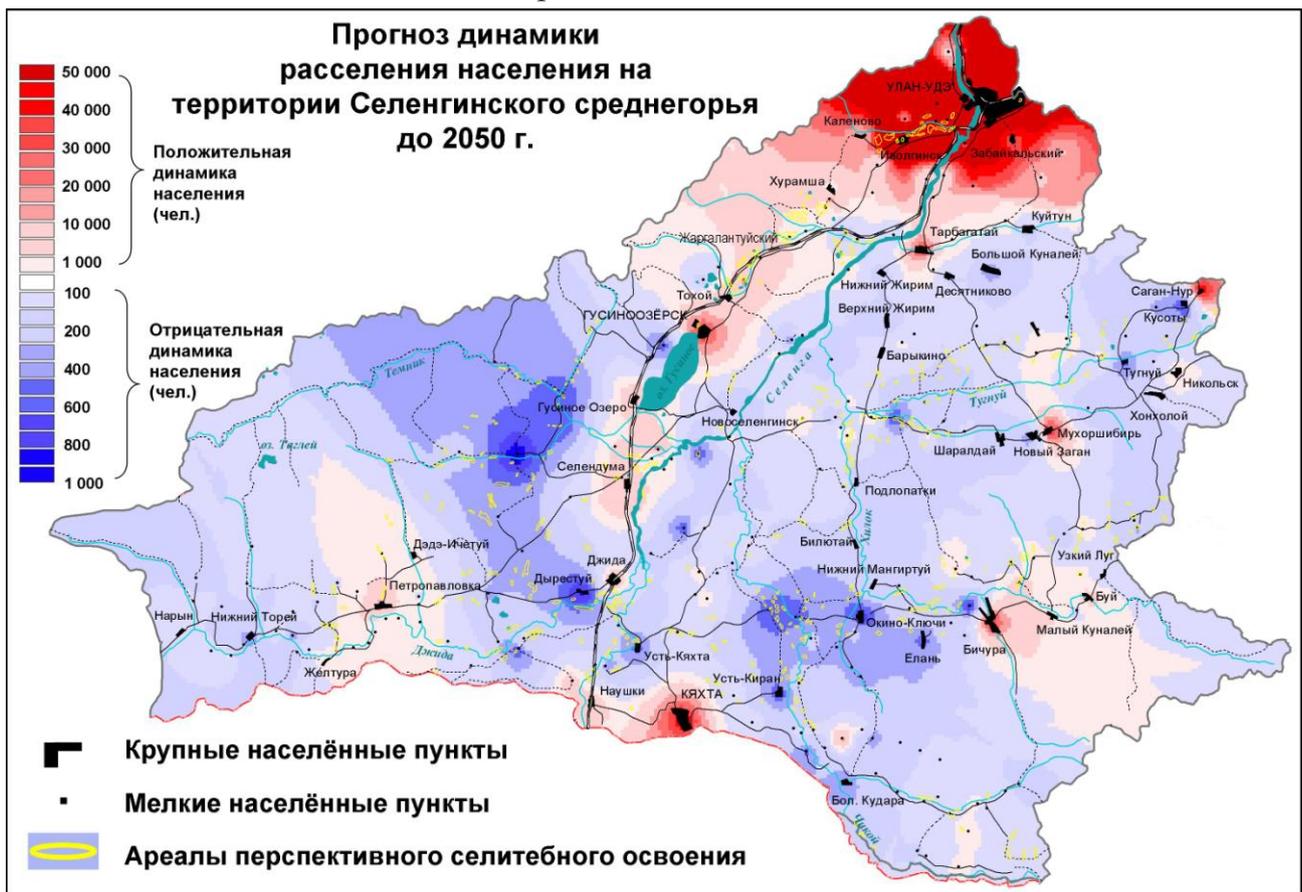


Рисунок – 17 Прогноз динамики расселения населения

Таким образом, ГИСКМП позволяет непрерывную регистрацию, картографирование и моделирование геоданных на основе единых информационных стандартов, в рамках единого программно управляемого процесса и обеспечивает надежное метри-

ческое и субстанциональное отслеживание параметров хозяйственного освоения ГС бассейна оз. Байкал. Она позволяет оперативную реализацию всех мероприятий КМГС, повышает эффективность межгосударственных территориальных решений, соответствует международным требованиям, открыта для любых геоданных, методически проста и управляема, что предполагает возможность создания различных по типу карт и геоинформационных запросов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ места и значения информационной технологии в познании географической действительности в контексте научно-технического прогресса позволяет сделать вывод, что при всей своей новизне она является лишь результатом технического оформления предыдущего человеческого опыта по картографированию околоземного пространства и ретрансляции сведений в виде картографических моделей. Информационный подход в полной мере обосновывает «генетическую» преемственность технологических инноваций приемам традиционной картографии. При этом информатизация картографической деятельности радикально усиливает познавательные и коммуникативные позиции картографического метода исследования в условиях современного общества.

Предлагаемое программно-информационное видение КМГС базируется на исходных принципах и законах картографии и раскрывает основные категории картографической науки в информационных понятиях. На основании разработанной концепции установлено, что КМГС является социально-техническим процессом, управляемым технологическим и общественно-историческим механизмами. Технологический механизм регулирует в социуме создание КИ и реализует коммуникативную функцию языка карты, общественно-исторический механизм регулирует в социуме использование КИ и реализует познавательную функцию языка карты. Таким образом, информационная концепция рассматривает принципы коммуникации и познания как приоритетные функции разных этапов картографического отслеживания ГС. Кроме того, в отличие от существующих, предлагаемая концепция в полной мере обосновывает механизм картографического отображения параметров ГС от полевой регистрации геоданных до приращения нового знания.

В теоретическом аспекте концепция дифференцирует социальную и техническую сферы деятельности в картографическом мониторинге и обозначает области применения КМГС как особого способа информационного описания действительности, характеризующегося высокой точностью и надежностью познания. В практическом аспекте концепция раскрывает алгоритм производственной реализации КМГС и устанавливает его модерную позицию по упорядочиванию пространственных информационных массивов при междисциплинарной интеграции наук о Земле.

Основными результатами диссертационного исследования являются:

1. Установлено происхождение КИ как продукта поэтапного отображения географической реальности посредством идеальных, материальных и виртуальных пространственных моделей. Обосновано, что на каждом этапе КИ имеет определённую

физическую сущность, форму представления и хранения, характеризуется различными свойствами и возможной областью применения.

Определение структуры и разработка классификации КИ будет способствовать оптимизации процедур создания картографических баз данных и метаданных, повысит эффективность каталогизации и хранения картографических материалов.

2. Выявлены основные направления научно-технической модернизации картографического метода исследования в условиях информатизации территориальной деятельности.

Определение этих направлений дает возможность прогнозирования развития картографической науки и позволяет обозначить инвестиционно перспективные сферы картографической отрасли.

3. Разработана информационная концепция КМГС как методологический комплекс теоретических положений и практических действий по моделированию ГС на основе феномена КИ и закономерностей её преобразования.

Структура концепции может быть использована в качестве базовой основы для раскрытия информационного устройства других картографических направлений.

4. Разработаны научные основы КМГС и выполнено теоретическое обоснование информационных картографических инноваций в контексте общей теории картографии.

Это устраняет проблему несоответствия «аналоговой» теоретической формы и «цифрового» содержания картографической практики, обеспечивает информационную адаптацию картографии к требованиям современного общества и повышает эффективность методологического аппарата картографии. Кроме того, современные научные основы послужат междисциплинарной научно-исследовательской установкой применения картографического метода при интеграции наук о Земле.

5. Создан Банк ретроспективных картографических данных как информационная основа долгосрочного мониторинга природопользования и трансформации ГС бассейна оз. Байкал.

Материалы Банка обеспечивают решение широкого круга научно-исследовательских и прикладных задач.

6. Разработаны методические основы создания телекоммуникационных картографических систем на базе ГИС и ВЕБ технологий и создан картографический сервис для КМГС.

Развитие методических основ Интернет картографирования будет способствовать повышению активности пользователей по созданию картографических сервисов и формированию современной ИПД.

7. Создана и апробирована ГИС КМГС как управляемый программно-технический комплекс непрерывной диагностики пространственных параметров природопользования, проблемно-ориентированный на оптимизацию управленческих решений при организации территориальной деятельности в трансграничном бассейне оз. Байкал. Разработаны методические рекомендации КМГС на базе геоинформационной технологии.

Внедрение ГИС в органы управления и планирования соседствующих государств (РФ и Монголия) будет способствовать формированию единого картографического пространства, и на его основе способствовать повышению эффективности межгосударственного информационного, природоохранного, социально-экономического взаимодействия.

8. Впервые выполнено картографическое исследование природопользования трансграничного бассейна оз. Байкал как единой ГС. Проведен мониторинг аграрного и селитебного природопользования в течение XX в. Выполнена оценка трансформации природных ландшафтов и моделирование сценариев природопользования.

Дальнейшее отслеживание хозяйственного освоения территории позволит разработать региональные картографические сценарии преобразовательной и восстановительной динамики ГС.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В рецензируемых научных журналах:

1. Бешенцев, А.Н. Геоинформационный подход к картографическому методу исследования [Текст] / А.Н. Бешенцев // Геодезия и картография. – 2009. – №11. – С. 40-43.
2. Бешенцев, А.Н. Модернизация картографического метода исследования [Текст] / А.Н. Бешенцев // Геодезия и картография. – 2011. – №2. – С. 19-23.
3. Бешенцев, А.Н. Картографический мониторинг природопользования [Текст] / А.Н. Бешенцев // Геодезия и картография. – 2011. – №3. – С. 14-18.
4. Бешенцев, А.Н. Геоинформационная концепция картографического метода исследования [Текст] / А.Н. Бешенцев // Геодезия и картография. – 2011. – №9. – С. 31-37.
5. Бешенцев, А.Н. Создание Интернет-атласа картографических и спутниковых данных для междисциплинарных исследований дельтовых геосистем побережья оз. Байкал [Текст] / А.Н. Бешенцев, Б.З. Цыдыпов, Г.М. Ружников // Геодезия и картография. – 2013. – №6. – С. 33-37.

6. Бешенцев, А.Н. Картографическая оценка природного риска от наводнений в бассейне оз. Байкал [Текст] / А.Н. Бешенцев, Т.А. Борисова // Геодезия и картография. – 2013. – №7. – С. 26-30.
7. Бешенцев, А.Н. Картографический мониторинг трансграничных социально-экономических процессов [Текст] / А.Н. Бешенцев, Д.А. Дарбалаева, У.В. Цыренжапова // Геодезия и картография. – 2013. – №8. – С. 33-38.
8. Бешенцев, А.Н. О языке карты [Текст] / А.Н. Бешенцев // География и природные ресурсы. – 1993. – №3. – С. 65-67.
9. Бешенцев, А.Н. Геоинформационная технология как основа мониторинга леса. [Текст] / А.Н. Бешенцев, А.М. Гармаев // Вестник Бурятского государственного университета. – 1998. – №3. – С. 183-185.
10. Бешенцев, А.Н. Геоинформационный мониторинг трансформации природных ландшафтов в бассейне оз. Байкал на основе ретроспективных картографических материалов [Текст] / А.Н. Бешенцев // Аридные экосистемы. – 2011. – №4. – с. 230-236
11. Бешенцев, А.Н. Об использовании свойств информативности цвета и формы в языке карты [Текст] / А.Н. Бешенцев // География и природные ресурсы. – 1996. – №2. – С. 121-122.
12. Тулохонов, А.К. Создание геоинформационных ресурсов на основе ретроспективных топографических карт. [Текст] / А.К. Тулохонов, А.Н. Бешенцев, А.А. Лубсанов // Вычислительные технологии. – 2007. – №12. – С. 100-107.
13. Гармаев, В.А. Прогнозный смыл пахотных почв на склонах разной крутизны в Забайкалье [Текст] / В.А. Гармаев, А.Б. Иметхенов, А.Н. Бешенцев // Вестник Бурятского государственного университета. – 2006. – №7. – С. 120-127.
14. Гынинова, А.Б. Аккумуляция веществ в почвах Селенгинского дельтового района и формирование почвенно-геохимических барьеров [Текст] / А.Б. Гынинова, В.М. Корсунов, Л.Д. Балсанова, А.Н. Бешенцев, В.И. Убугунова, // География и природные ресурсы. – 2007. – №2. – С. 65-69.
15. Макаров, А.В. Проблемы регулирования трансграничных воздействий в целях сохранения природного наследия в бассейне р. Селенги [Текст] / А.В. Макаров, А.Н. Бешенцев, Б.О. Гомбоев, А.С. Михеева // Проблемы региональной экологии. – 2008. – №1. – С. 37-42.
16. Гармаев, В.А. Овражные образования в Прибайкалье. [Текст] / В.А. Гармаев, Н.Н. Хаптухаева, А.Н. Бешенцев // Наука и образование. – 2010. – №2. – С. 70-72.
17. Борисова, Т.А. Территориальная оценка риска от наводнений в Байкальском регионе в условиях экологических ограничений [Текст] / Т.А. Борисова, А.Н. Бешенцев // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – №12. – С. 32-38.

18. Гармаев, В.А. Водная эрозия в Селенгинском среднегорье [Текст] / В.А. Гармаев, Н.Н. Хаптухаева, Э.Н. Елаев, А.Н. Бешенцев, В.Х. Даржаев, Г.У. Челпанов // Вестник Восточно-Сибирского государственного технологического университета. – 2012. – №2. – С. 102-106.

19. Екимовская, О.А. Экономико-географические особенности развития хозяйств населения республики Бурятия. [Текст] / О.А. Екимовская, А.Н. Бешенцев // География и природные ресурсы. – 2012. – №2. – С. 95-103.

20. Урбазаева, С.Д. Гидроэкология: основные формы миграции и распределение тяжелых металлов в воде, на взвесах и в донных отложениях проток дельты р. Селенга. [Текст] / С.Д. Урбазаева, З.А. Хажеева, Л.Д. Раднаева, А.Н. Бешенцев // Инженерная экология. – 2012. – №4. – С. 36-41.

21. Дарбалаева, Д.А. Система мониторинга и анализ особенностей социально-экономического развития трансграничных территорий России, Монголии и Китая [Текст] / Д.А. Дарбалаева, У.В. Цыренжапова, А.Н. Бешенцев, С.Ж. Дагданова // Научное обозрение. – 2012. – №6. – С. 580-589.

Монография:

1. Бешенцев, А.Н. Геоинформационная оценка природопользования [Текст] / А.Н. Бешенцев. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – 120 с.

Карты:

1. Туристско-рекреационная карта «Байкал - Бурятия» [Карта] – М.: Изд-во VIZA, 2010 г. Соавторы: Будаева, Д.Г., Бешенцев А.Н.

2. Отраслевые типы сельскохозяйственного производства. М 1 : 8 000 000 [Карта] // Атлас социально-экономического развития России. – М.: ФГУП ПКО «Картография», 2009. – С. 206. Соавторы: Роговская, В.Н. Богданов, А.Н. Бешенцев, А.И. Литвинцева, О.А. Екимовская, Л.В. Хышектуева.

3. Структура посевных площадей. М 1 : 8 000 000 [Карта] // Атлас социально-экономического развития России. – М.: ФГУП ПКО «Картография», 2009. – С. 207. Соавторы: Н.В. Роговская, В.Н. Богданов, А.Н. Бешенцев, А.И. Литвинцева, О.А. Екимовская, Л.В. Хышектуева.

4. Динамика производства продукции растениеводства. М 1 : 8 000 000 [Карта] // Атлас социально-экономического развития России. – М.: ФГУП ПКО «Картография», 2009. – С. 208. Соавторы: Н.В. Роговская, В.Н. Богданов, А.Н. Бешенцев, А.И. Литвинцева, О.А. Екимовская, Л.В. Хышектуева.

5. Динамика поголовья сельскохозяйственных животных. М 1 : 8 000 000 [Карта] // Атлас социально-экономического развития России. – М.: ФГУП ПКО «Картогра-

фия», 2009. — С. 209. Соавторы: Н.В. Роговская, В.Н. Богданов, А.Н. Бешенцев, А.И. Литвинцева, О.А. Екимовская, Л.В. Хышектужева.

6. Физико-географическое положение республики Бурятия. М 1 : 3 000 000 [Карта] // Энциклопедия Бурятии – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – С.326. Автор: Бешенцев А.Н.

7. Территория водосборного бассейна оз. Байкал. М 1 : 9 000 000 [Карта] // Энциклопедия Бурятии – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – С. 328. Автор: Бешенцев А.Н.

8. Особо охраняемые природные территории республики Бурятия. М 1 : 3 000 000 [Карта] // Энциклопедия Бурятии – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – С. 334. Автор: Бешенцев А.Н.

9. Территориально-административное деление республики Бурятия. М 1 : 3 000 000 [Карта] // Энциклопедия Бурятии – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – с.336. Автор: Бешенцев А.Н.

10. Население республики Бурятия. М 1 : 3 000 000 [Карта] // Энциклопедия Бурятии – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – С.338. Автор: Бешенцев А.Н.

11. Использование земель на территории республики Бурятия. М 1 : 3 000 000 [Карта] // Энциклопедия Бурятии – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – С. 340. Автор: Бешенцев А.Н.

12. Физико-географическое положение бассейн оз. Байкал. М 1 : 3 000 000 [Карта] // Байкал: природа и люди (энциклопедический справочник) [Карта] – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009 – С. 24. Автор: Бешенцев А.Н.

13. Население побережья оз. Байкал М 1 : 3 000 000 [Карта] // Байкал: природа и люди (энциклопедический справочник) [Карта] – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – С. 124. Автор: Бешенцев А.Н.

14. Земельные ресурсы побережья оз. Байкал. М 1 : 3 000 000 [Карта] // Байкал: природа и люди (энциклопедический справочник) [Карта] – Улан-Удэ: ЭКОС: Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. – С. 324. Автор: Бешенцев А.Н.