

Байкальский институт природопользования  
СО РАН

**А. Н. Бешенцев**

# **Геоинформационная оценка природопользования**

Улан-Удэ  
Издательство БИЦ СО РАН  
2008

УДК 91(5.71)

ББК

Б57

Ответственный редактор  
д.г.н., к.г.-м.н. *В.Е. Викулов*

Рецензенты  
д.г.н. *Б.М. Ишмуратов*  
д.г.н. *А.Р. Батыев*  
д.г.н. *Б.О. Гомбоев*

**Бешенцев А.Н.**

Б57 Геоинформационная оценка природопользования. – Улан-Удэ: Изд-во  
БНЦ СО РАН, 2008. – 118 с.: ил.

ISBN 978-5-7925-0276-5

В монографии обобщена деятельность по обследованию, измерению и описанию земной поверхности как неотъемлемому условию организации природопользования социума. Обосновано, что продуктом этой деятельности является геоинформация. Выделены отдельные информационные категории геоинформации, разработана ее структура и определен механизм образования. Сформирована система знаний геоинформационной оценки природопользования, выявлена хронология этого процесса и дана характеристика отдельных периодов.

Разработаны методологические основы оптимизации природопользования на основе геоинформационной технологии, создана и апробирована геоинформационная система природопользования (на примере бассейна оз. Байкал), выполнена оценка хозяйственного освоения территории, зафиксирована динамика отдельных процессов природопользования и оценена трансформация природных ландшафтов.

Книга ориентирована на широкий круг специалистов в области наук о Земле, геодезии, картографии, геоинформатики, природопользования, а также преподавателей, студентов и аспирантов, интересующихся современными подходами к обоснованию достоверности и единства научного знания.

УДК 91(5.71)  
ББК

ISBN 978-5-7925-0276-5

© А.Н. Бешенцев, 2008  
© БИП СО РАН, 2008  
© Изд-во БНЦ СО РАН, 2008

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	<b>4</b>
<b>I. Геоинформация – продукт человеческой деятельности</b> .....	<b>-</b>
1.1. Современные представления о геоинформации.....	
1.2. Геоинформационная оценка территории .....	9
1.3. Источники геоинформации.....	14
1.4. Образование геоинформации.....	17
1.5. Типы и функции геоинформации.....	20
<b>II. Развитие геоинформационной оценки природопользования</b> .....	<b>24</b>
2.1. Операции геоинформационной оценки природопользования.....	24
2.2. Процедуры геоинформационной оценки природопользования.....	28
2.3. Методы и способы геоинформационной оценки природопользования.....	36
2.4. Трансформация геоинформационной оценки природопользования.....	44
2.5. Научно-практическая деятельность по геоинформационной оценке природопользования.....	53
<b>III. Методологические основы геоинформационной оценки природопользования</b> ..	<b>59</b>
3.1. Системный подход к анализу регионального природопользования.....	59
3.2. Информационное обеспечение оценки природопользования.....	62
3.3. Технологическое обеспечение геоинформационной оценки природопользования.....	68
3.4. Семиотическое обеспечение геоинформационной оценки природопользования.....	73
3.5. Аналитическое обеспечение геоинформационной оценки природопользования.....	77
<b>IV. Геоинформационная оценка природопользования в бассейне озера Байкал</b> ..	<b>82</b>
4.1. Геоинформационная модель территории.....	82
4.2. Геоинформационная оценка природопользования территории Селенгинского Среднегорья.....	85
4.2.1. Освоение территории.....	85
4.2.2. Динамика природопользования.....	89
4.2.3. Трансформация природных ландшафтов.....	93
4.3. Геоинформационная оценка процессов почвообразования на территории дельты р. Селенги.....	98
<b>Заключение</b> .....	<b>112</b>
<b>Список использованной литературы</b> .....	<b>113</b>

## Введение

На протяжении развития человечества значительные его усилия были направлены на определение качественных, количественных и пространственных параметров географической оболочки. Эта деятельность была обусловлена зависимостью от природных условий занимаемой территории и необходимостью удовлетворения своих потребностей. Приспосабливаясь к природе и стремясь к оптимальному функционированию структур жизнеобеспечения, человек постоянно обследовал и изменял земную поверхность, что заключалось как в материальном преобразовании занимаемой территории, так и в философском осмыслении пространственной деятельности. Эти процессы способствовали приобретению новых знаний о законах развития географической реальности и получению все более точных параметров используемых географических объектов; они исторически определили мотивацию оценки и анализа земной поверхности в общедоступных величинах и удобных системах отсчета.

Человеческим коллективам такая оценка была необходима для территориальной инвентаризации жизненно важных географических объектов как экологических ресурсов, определения безопасных и коротких маршрутов, знания хронологии природных процессов и т.п. Результатами такой оценки были новые географические знания, новые субъекты – носители этих знаний; накапливалась и передавалась от поколения к поколению информация о географической среде, приобретался опыт организации территориальной деятельности и совершенствовались средства и технологии измерения земной поверхности.

Современный период развития общества характеризуется интенсивной динамикой географического знания и прогрессом технологической деятельности, где первая способствует выявлению новых свойств географической оболочки, а второй обеспечивает их объективную параметризацию. Современные приборы и технологии измерения и оценки околоземного пространства определяют новые подходы в географических исследованиях, способствуют формализации геосвойств различной природы происхождения, а также активизируют процессы интеграции наук о Земле на базе микропроцессорной техники и космических технологий. Таким образом, современная система научного знания испытывает воздействие вновь образующихся в социуме информационных модераторов (от лат. *moderor* – *умеряю, сдерживаю*) – технических нововведений и технологических процессов определения, упорядочивания и закрепления географической информации об окружающем мире.

В науках о Земле таким модератором является геоинформационная технология, позволяющая упорядочить разнообразие свойств географической оболочки посредством их формализации в едином геоинформационном поле на основе геодезической системы координат. Эта технология объединяет весь комплекс действий по обследованию и измерению земной поверхности и способствует объединению процессов исследования географической реальности в единую научно-практическую деятельность по геоинформационной оценке природопользования. Целью этой деятельности является создание геоинформации, как общественно полезного продукта, реализуемого при организации и оптимизации пространственных структур жизнеобеспечения. Методологической основой изучения этой деятельности является анализ особой совокупности закономерностей – исторических, географических и технологических.

# I. ГЕОИНФОРМАЦИЯ – ПРОДУКТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## 1.1. Современные представления о геоинформации

В истории развития человеческой цивилизации в XX в. произошло очередное преобразование общественных отношений вследствие кардинальных изменений в сфере сбора и обработки информации. Одним из результатов таких преобразований всегда являлось приобретение обществом нового качества. Первый информационный прорыв – возникновение звуковой речи – привел к упорядочиванию информационных потоков и социализации первобытных человеческих коллективов. Второй – изобретение письменности – способствовал гигантскому качественному и количественному культурному подъему, появлению возможности закрепления знаний. Третий – изобретение книгопечатания – радикально изменил общество, культуру и организацию всех видов общественной деятельности. Современный информационный прорыв – изобретение микропроцессорной технологии и появление персонального компьютера, компьютерных сетей, систем передачи данных – позволил формализовать и аккумулировать огромные массивы географических данных. Человек от упорядочивания и унификации накопленных сведений смог приступить к их концептуальной организации в виде различных глобальных и региональных систем хранения и использования информации. Эти процессы требовали качественно-количественного измерения и теоретического осмысления всего разнообразия свойств объективной реальности и привели к необходимости исследования механизмов антиэнтропийных процессов и формирования теории информации.

Один из признанных основоположников современной теории информации Р. Хартли [1959] в 1928 г., исследуя процесс передачи телеграфных сигналов, связал количество информации в сообщении с числом состояний физической системы. При этом, подчеркивая необходимость исключения психологических факторов, он не ставил под сомнение существование двух разумных операторов: формирующего и воспринимающего сигнал.

Главная заслуга Хартли заключается в том, что он впервые связал понятие о количестве информации с понятием числа сообщений в исходном наборе источника, а процесс получения информации определил как выбор одного элемента из некоторого множества. В таком смысле термин «информация» (от лат. *informatio* – *сообщение, изложение*) получил современное научное значение.

Современная история теории информации началась в середине XX в., когда К. Шеннон, Р. Фишер и Н. Винер, независимо друг от друга, предложили статистическое определение количества информации. Термин «информация» стал пониматься как функциональный элемент языка и средство повседневно-бытовой коммуникации. В частности, К. Шеннон [1963] в 1948 г. в статье «Математическая теория связи» превратил это общеупотребительное слово в научный термин, связав информацию с уменьшением неопределенности, и предложил формулу вычисления ее количества, в которой информация возрастала с уменьшением вероятности отдельного сообщения. Количественной мере степени неопределенности он дал название «энтропия». Таким образом, главная заслуга Шеннона заключается в том, что он ввел понятие вероятности как меры случайных событий в теорию информации.

В основу своей концепции Шеннон положил метод исчислений количества новой (непредсказуемой) и избыточной (предсказуемой) информации, содержащейся в сообщениях, передаваемых по каналам технической связи. Первоначально эта мера предназначалась лишь для решения сугубо прикладных задач техники связи. Однако последующие исследования в

области физики и биологии позволили выявить универсальные меры, позволяющие установить взаимосвязь между количеством информации и физической энтропией и, в конечном счете, определить сущность новой интерпретации понятия «информация» как меры структурной упорядоченности самых разнообразных систем объективной реальности. Такой сугубо прагматичный подход позволил ввести единую, не зависящую от смысла и ценности, количественную меру объема информации, которая оказалась пригодной для анализа всех обладающих той или иной степенью упорядоченности систем.

Первое, наиболее конкретное определение: «...информация – это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления к нему наших чувств» – принадлежит американскому кибернетику Н. Винеру [1958]. Положительная сторона такого подхода состоит в том, что понятие информации закрепляется понятием отражения. Таким образом, определяется специфика двойственного субъективно-объективного характера содержания понятия: оно отражает неразрывное единство объекта (отражаемого) и субъекта (отражающего) и является сущностью реального феномена информации.

Эти основополагающие работы сформировали количественную концепцию информации, так как отражают лишь математические аспекты феномена, где понятие информации не связано ни с формой, ни с содержанием сообщений-сигналов, передаваемых по каналу связи.

После математиков термин «информация» как научная категория стал широко использоваться физиками. Л. Бриллюэн [1960] разработал концепцию, в которой понятие «информация» было тесно связано с физическим понятием материи. Из нее следовало, что информация обладает большим познавательным потенциалом и может быть использована для исследования явлений неорганической природы. Ключом к новому пониманию сущности феномена информации и механизма информационных процессов послужила установленная взаимосвязь информации и физической энтропии. Бриллюэн показал, что между вычисленным согласно Шеннону количеством информации и физической энтропией существует не формальная, а содержательная связь. Данный вывод оказывается в равной мере справедливым для таких несходных по своей природе систем, как газы, кристаллы, письменные тексты, биологические организмы и др.

Один из исследователей проблемы информации в отечественной философии А.Д. Урсул выдвинул формулировку: «информация есть отраженное разнообразие» [1971]. Он считает, что информация – «это атрибут материи; это снятая, уничтоженная неопределенность; это разнообразие, которое один объект содержит о другом объекте (в процессе их взаимодействия)»; отражение – это «воспроизведение свойств, сторон, черт, составляющих содержание отражаемого объекта». Отличие информации от отражения в том, что информация включает в себя не все содержание отражения, а лишь аспект, который связан с разнообразием, различием, а отражаться может не только разнообразие, но и однообразие.

В настоящее время наиболее авторитетными в философской науке считаются атрибутивная и функциональная концепции теории информации. Обе концепции утверждают, что информация существует в объективной действительности, но расходятся по поводу наличия ее в неживой природе. Атрибутивная концепция [Бриллюэн, 1960; Ахлибининский, 1969; Урсул, 1975 и др.] берет за основу определение информации как ограниченного разнообразия, присущего всем видам и формам структур объективного мира, включая и структуры, отраженные субъектом в познавательном процессе. Таким образом, информация является неотъемлемым внутренним свойством каждого материального объекта без исключений, в том числе объектов неживой природы, т.е. атрибутом материи.

Функциональная концепция [Сетров, 1972; Гришкин, 1973; Коршунов, 1974] связывает информацию лишь с функционированием самоорганизующихся и самоуправляемых систем.

Поэтому информация присуща не всем, а только живым формам материи, она появляется на определенной стадии развития материального мира, когда познаются сложные динамичные, самоуправляемые, саморазвивающиеся системы, высшим представителем которых выступает человек.

Географическая информация определенно имеет общность с другими видами информации. Вопрос о ее специфике является методологически важным для современного геоинформационного моделирования и актуальным в связи с распространением цифровых и электронных карт и цифровых баз пространственных данных. На протяжении развития социума процесс накопления географических знаний сопровождался фиксированием территориальных сведений в виде материальных моделей – глиняных пластин, чертежей, портуланов, карт, т. е. способов хранения и коммуникации геоинформации. Эта практическая деятельность получила методологическое обоснование в современной теории картографии в виде механизма «создания – использования карт». В зависимости от аспекта рассмотрения карты – как средства коммуникации или модели – этот механизм интерпретируется либо как процесс картографической коммуникации [Kolacny, 1968; Ratajski, 1973; Лютый, 1981], либо как процесс реализации картографического метода познания [Салищев, 1975; Берлянт, 1988]. В первом случае карта рассматривается как канал передачи сведений от создателя к потребителю, а чтение карт – как процесс получения информации. Практической же задачей здесь является определение и исследование зависимостей, позволяющих получить максимум информации при минимальном использовании изобразительных средств и минимуме преобразований информации. Во втором случае карта рассматривается как образно-знаковая модель познания действительности.

Разработки оценки информационного содержания карт привели к разделению «нагрузки» карты, т.е. той информации, которую заложил в нее картограф, и информации, которую извлекает или может извлечь потребитель. М.К. Бочаров [1966] писал, имея в виду карты, что «информация становится информацией лишь после установления соответствия между содержанием и формой, т.е. между различиями состояний данной материи и различиями сигналов или знаков другой материи». Некоторые картографы вообще ограничиваются рассмотрением лишь «первичной» информации на карте, считая, что только она непосредственно относится к картографическому изображению [Хаке, 1983]. Другие же больше внимания уделяют потребителю геоинформации [Робинсон, 1983] и приходят к выводу, что определение «информационного содержания» карты с помощью методов теории информации неадекватно реальным информационным процессам, прежде всего потому, что игнорирует топологический фактор.

Согласно Г. Хаке [1983], картографическая информация – это сообщение об объекте и его содержании при помощи графического изображения. Более адекватным является определение картографической информации как «продукта динамического творческого процесса, обусловленного нашими знаниями о предметах и методах картографирования...» [Сербенюк, 1984].

Сущность информации легче выявить на базе сравнения и соотнесения с такими понятиями, как данные и знания. Если понятие информации имеет всеобщий смысл, то понятия данных и знаний немислимы в отрыве от человека. Отсюда рассмотрение триады «данные – информация – знания» [Тикуннов, 1991] будет наиболее полным в контексте подходов к осмыслению геоинформации. Понятие «данные» было вызвано к жизни тем, что при специализации труда в процессе организации природопользования появилась необходимость быстро обрабатывать информацию, точнее характеризовать ее символные представления.

Во второй половине XX в. данными стали называть различные сведения, сообщения, записанные в символической форме, которые можно хранить, передавать, обрабатывать без необходимости одновременного их осмысления. Получая же содержание и форму, пригодную для

использования, данные приобретают характер информации [Афанасьев, 1975]. Данные, по определению М. Конечного и К. Райса [Konecny, Rais, 1985], выступают как сырье, которое путем обработки можно превратить в информацию, то есть данные – это первичный элемент в процессе создания информации. В геоинформатике под данными понимаются сведения, существующие в условной, символической форме, удобной для хранения, передачи, обработки [Бердников и др., 1992].

Определений знания так же много, как и определений информации: «...информация отлична от знания, для которого у нас нет количественной меры» [Бриллюэн, 1960]; «информация как знание, включенное непосредственно в коммуникативный процесс» [Блюменау, 1989]; «информация – форма представления и передачи знания, отчужденная от сознания» [Мириманова, 1989] и др. Знания в философском их понимании – отражение семантических аспектов географической реальности в мозгу человека или в технической системе. Знания и мысли (гипотезы), отображаемые при помощи знака (комбинации знаков) или карты, – суть информация.

Характеризуя уровни теоретических знаний, А. К. Черкашин [2007] рассматривает их иерархию с помощью представлений о типах информации (типах данных, типах знаний), подчеркивая, что тип данных возникает как результат расслоения количественных и качественных характеристик территории на знания, где типы знаний задают разные модели и методы изучения географической реальности.

В целом можно сделать вывод, что основное различие понятия «информация» состоит не в принадлежности ее к живой и неживой природе и человеку, а в существующей и передаваемой информации. Существующая информация – это сведения, которые можно сообщить о каком-то объекте (явлении), аналог потенциальной энергии. Передаваемая информация – сообщаемые по каналу сведения, это аналог кинетической энергии. Передаваемая информация зависит от более или менее удачно подобранных знаковых систем и отдельных знаков, существующая информация объективна и зависит только от того объекта или явления, в котором заключена. Информация трактуется как содержание, смысл (или его изменение); отчужденная форма знаний; потенциальное свойство данных. В триаде «данные – информация – знания» знание отражает идеальную и познавательную специфику, информация – особенности его передачи и функционирования, данные – его знаковые инварианты.

Разнообразие видов, типов информации и способов использования приводит к большому разнообразию ее свойств. Оцениваются не количество и качество информации самой по себе, а характеристики всей информационной системы, в рамках которой она производится. Основопологающим аспектом при этом является разделение топологических и качественно-количественных параметров информационных процессов. Вместе с тем это не изолированные друг от друга свойства, они взаимодополняют и взаимопологают друг друга. Таким образом, основной особенностью географической информации, наряду с общими свойствами информации, является территориальность [Алаев, 1983], имеющая две основные характеристики: системная связность, которая вытекает из системного рассмотрения территории, и хронологические свойства как привязка информации к конкретной точке территории.

Территориальность как комплексное свойство геоинформации отражена через территориальную полноту и территориальную репрезентативность [Цапук, 1995]. Территориальная полнота геоинформации понимается как степень проективного покрытия определенной территории. Территориальная репрезентативность трактуется как качественное отражение специфики территории при данном масштабе рассмотрения. Позиционность геоинформации указывает точность ее пространственной привязки, а степень генерализации имеет значение, близкое к картографическому пониманию генерализации [Салищев, 1990].



Понимание информации как отраженного разнообразия вполне соответствует свойствам картографической информации и позволяет распространять на нее математический аппарат теории информации. Под картографической информацией понимается информация, основанная на пространственной дифференциации, т.е. на наличии пространственных различий [Гохман и др., 1976].

Рассматривая геоинформацию как принадлежность геопространства, А.П.Карпик [2004] выделяет три ее особенности. Первая – это информация о конкретном географическом пространстве. Вторая – ее представление в пространственно-временной координатной системе. Третья особенность геоинформации – ее цифровая форма, поскольку формируется, сохраняется, преобразуется и используется она компьютерной средой, а не человеком. Таким образом, по мнению ученого, «геоинформация – это координированная информация о геопространстве и его объектах в цифровой компьютерно-воспринимаемой форме, предназначенная, в качестве исходного материала, для моделирования геопространства в интересах конкретного потребителя, использующего геоинформационные системы».

Количество концепций и парадигм велико, однако ни одно из толкований не может свести все многообразие взглядов на информацию к какому-то одному содержанию [Урсул, 1975]. Существуют количественные методы вычисления информации, и существует множество определений понятия «информация», но эти качественные теории не дают адекватного понимания того, что вычисляют, когда производят расчет количества информации. То есть количественная сторона проблемы относительно развита, но она не обеспечена качественным пониманием объекта вычисления [Тикуннов, 1999].

Таким образом, специфика географической информации определяет необходимость трактовать ее как отраженное разнообразие объективных пространственных и субстанциональных свойств географической оболочки. Математические концепции информации рассматривают количественное состояние этого разнообразия, а под информацией понимается количественная мера устранения неопределенности (энтропии), возникающая при отражении субъектом объективной реальности.

Атрибутивные концепции рассматривают ограниченное определенной предметной областью разнообразие, тем самым значительно снимая неопределенность, а под геоинформацией понимаются географические сведения, являющиеся объектом хранения, переработки и передачи.

Кибернетические концепции трактуют геоинформацию как способ управления ограниченным разнообразием, а под геоинформацией понимается мера организации географической системы.

## **1.2. Геоинформационная оценка территории**

Основной мотивацией активной территориальной деятельности вида *Homo sapiens* является необходимость поддержания своей жизни. Люди как живые организмы не могут выйти за пределы довольно узкого круга экологических потребностей, хотя они могут не только влиять на состояние своей окружающей среды, но и эффективно управлять ею [Ишмуратов, 1984]. Такое управление предполагает организацию природопользования как системы эффективных действий по познанию законов и оценке параметров занимаемой территории и использованию этих знаний для достижения наибольшей выгоды при наименьших энергетических затратах.

При реализации природопользования между человеком и территорией возникает взаимодействие, а следовательно – система информационных потоков, где субъект является приемником и пользователем свойств занимаемого участка земной поверхности. Эти геосвойства воспринимаются субъектом с помощью органов чувств, сигнализирующих организму об ощущениях и приводящих в действие мыслительный аппарат в соответствии с изменяющимися

ся информационными условиями. Благодаря связям, образующимся между разными чувственными анализаторами, в идеальном образе территории отражаются такие свойства объектов или явлений географической реальности, для которых нет специальных органов чувств, – размеры, расстояния, уклоны, форма и ритмика. В совокупности все анализаторы позволяют человеку одновременно фиксировать физико-химическое состояние географической оболочки, форму и структуру окружающих объектов и потенциал физических полей. Результатом этих действий является активизация инстинктов и стереотипов для выбора дальнейшего поведения.

В процессе отражения объективной реальности субъект выделяет и сравнивает между собой разнородные территориальные структуры и осуществляет комплексную оценку земной поверхности. Из всего разнообразия окружающей действительности человек выбирает те географические объекты, которые для него полезны и необходимы для удовлетворения потребностей. Таким образом, в процессе обследования занимаемой территории человек выполняет ее субъективную оценку с целью умозаключения о значении географических объектов в структуре природопользования и создает географические образы, как эквиваленты меры ценности, которыми в дальнейшем оперируют память, внимание и мышление. Используя различные приспособления и приборы, человек производит объективную качественно-количественную оценку территории.

Под оценкой в общем смысле понимается «соотнесение объекта с принятым критерием, образцом или нормой, т.е. совокупность действий, выполняемых при помощи средств измерений с целью нахождения числового значения оцениваемой величины в принятых единицах и установленных системах отсчета» [БСЭ, 1978]. При осуществлении территориальных действий человек производит оценку геометрических параметров занимаемой земной поверхности с помощью своих психо-физических способностей. Для этой цели он использует собственную систему отсчета, где центром является его местоположение на земной поверхности, конечными точками являются пороговые расстояния действия органов чувств (предельная видимость, слышимость и т.п.). Закрепление результатов этой оценки осуществляется в виде мысленных географических образов и представлений, а использование этих результатов – в виде принимаемых и реализуемых решений.

Основными характеристиками геоинформационной оценки являются отражаемые субстанциональные свойства наблюдаемых объектов и их территориальные параметры по отношению к местоположению субъекта. Субстанциональные параметры определяются физической сущностью географических объектов и процессов, а их территориальными критериями являются пределы отражения органов чувств человека и различные факторы географической оболочки. Пространственные параметры оценки определяются непосредственным местоположением субъекта в географической оболочке и фиксируются его планово-высотным размещением на земной поверхности, уклоном, силой тяготения и экспозицией относительно астрономических объектов. Критериями оценки топологических параметров являются форма и размеры Земли.

В основе процесса геоинформационной оценки занимаемой территории лежит нервная и психическая способность человека к восприятию и обработке свойств-сигналов окружающего пространства. Именно благодаря мыслительной работе коры головного мозга человека объекты материального мира отражаются в виде логических образов, а объективные свойства географической оболочки становятся информационными единицами человеческого мышления (геоинформационными моделями).

На уровне ощущений человеческие рецепторы регистрируют физические свойства географической оболочки в точке местоположения (табл. 1). Все субъективные ощущения тесно связаны и взаимодействуют друг с другом. На основе этого взаимодействия возникает восприятие – процесс более сложный, появившийся в результате эволюции психики человека.

Психофизиологический механизм геоинформационной оценки территории

<b>Этапы оценки территории</b>	<b>Психофизиологические уровни познания</b>	<b>Информационные модели</b>
<b>Регистрация геосвойств</b>	<b>Ощущения</b>	<b>Физические и химические параметры местоположения</b>
	<b>Восприятие</b>	<b>Географические объекты и процессы</b>
	<b>Внимание</b>	<b>Географическая территория</b>
<b>Преобразование геосвойств</b>	<b>Мышление</b>	<b>Новые сведения и умозаключения, мысленные карты</b>
	<b>Память</b>	<b>Географические образы и представления</b>
<b>Воспроизведение геосвойств</b>	<b>Отражение</b>	<b>Гипотезы, концепции, теории</b>
	<b>Творчество</b>	<b>Материальные модели-заместители</b>

Восприятие наиболее тесно связано с преобразованием информации, поступающей непосредственно из внешней среды [Общая психология, 2005]. В отличие от ощущений, которые отражают только отдельные свойства и качества географической реальности, восприятие целостно и отражает географические объекты и явления в совокупности их различных характеристик и частей. Происходит выделение однородных пространственных образований, проецирование и масштабирование их относительно субъективного местоположения. Именно на этом этапе осуществляется классификация объектов реальности на различные материальные категории. В процессе регистрации геосвойств восприятие выступает как осмысленный (включающий принятие решения) и означенный (связанный с речью) синтез разнообразных ощущений, получаемых от целостных объектов или сложных пространственных образований, воспринимаемых как целое. Благодаря этому синтезу, объективная географическая реальность воспроизводится в виде образов отдельных объектов или явлений.

Следующий этап геоинформационной оценки территории характеризуется формированием целенаправленного внимания как активной избирательной направленности сознания человека на объекты и явления объективной действительности или на определенные их свойства, при одновременном отвлечении от всего остального [БСЭ, 1978]. Внимание есть не что иное, как состояние психологической концентрации, сосредоточенности на каком-либо объекте. Внимание определяется мотивацией: привлекает внимание то, что связано с потребностями человека – это и сообщает объекту восприятия дополнительную интенсивность, а с ней повышается ясность и отчетливость восприятия. Поскольку при удовлетворении своих потребностей человек использует различные объекты географической оболочки, то внимание его сосредоточивается на территории – оптимальной совокупности объектов природопользования. Таким образом, реализация внимания способствует выбору наиболее полезных участков земной поверхности при организации локальных структур жизнеобеспечения.

Построение образа воспринимаемого объекта тесно связано со способом его обследования. При многократном восприятии объекта в процессе его использования происходит интериоризация – видоизменение структуры действий с объектом [Психология развития, 2006]. Способы обследования объекта упрощаются и ускоряются за счет уменьшения числа и организации комплексов двигательных компонент. При этом происходит закрепление базовых

форм и размеров объектов в их мысленных образах через усвоение внешних действий со сходными объектами занимаемой территории.

Воспринятые и топологически организованные образы-сообщения, поступившие от рецепторов, формируют сигнал и направляются в структуры памяти для их опознания. Результатом этого может быть полная или частичная идентификация, или отсутствие аналоговой информации об объекте. Память – это отражение того, что ранее воспринималось, переживалось, совершалось и осмысливалось человеком [Общая психология, 2005]. В отношении геоинформационной памяти это прежде всего визуальные образы и состояния энергетического баланса территории. Процессы организации памяти по преобразованию геосвойств позволяют сохранять некоторые пространственные образы, которые остаются после прекращения ощущений и восприятий или при переключении субъекта на другие объекты.

Ощущения, восприятия и представления человека отражают главным образом те объекты и явления или их отдельные свойства, которые непосредственно воздействуют на анализаторы. Эти психические процессы вместе с непроизвольным вниманием и наглядно-образной памятью представляют собой чувственные основы познания человеком географической реальности. Но чувственные основы не исчерпывают всех возможностей человеческого отражения. Об этом свидетельствует то, что человек очень многое не ощущает и не воспринимает, но познает. Это происходит благодаря мышлению как обобщенному отражению объективной действительности в ее закономерных, наиболее существенных связях и отношениях [Общая психология, 2005]. При геоинформационной оценке территории мышление обобщает и иерархически структурирует географическую реальность, позволяет субъекту одновременно оперировать образами отдельных объектов, их группами, территориальными совокупностями, а также целостным образом занимаемого участка географической оболочки. В результате интегрального анализа этих материальных образований субъект создает систему масштабирования и генерализации пространственных категорий и постоянно закрепляет ее в актах территориальной деятельности.

Мышление характеризуется общностью и единством с речью и представляет собой психический процесс познания, связанный с открытием нового субъективного знания, с решением задач, с творческим преобразованием действительности. Ведущая роль мышления проявляется при решении любой задачи, которая возникает перед человеком и не имеет готового решения. Непосредственным мотивом для активизации мыслительного процесса служит возникновение актуальной задачи, которая, в свою очередь, появляется как следствие осознания рассогласования между известными человеку принципами и способами выполнения действий и новыми условиями. Предварительная территориальная ориентировка в условиях задачи является обязательным начальным этапом всякого процесса мышления.

Следующий этап связан с выбором одной из пространственно-временных альтернатив и формированием общей схемы решения. В процессе такого выбора некоторые возможные ходы в решении обнаруживают себя как более вероятные и оттесняют другие альтернативы (выбор маршрута при перемещении на значительное расстояние и т.п.). При этом из памяти извлекаются не только общие черты данной и аналогичных ситуаций из прошлого опыта человека, но и сведения о результатах, которые получались ранее при подобных мотивациях и эмоциональных состояниях. Происходит непрерывное сканирование информации в памяти, а наличествующая мотивация направляет этот поиск. Характер мотивации (сила и длительность) определяет извлекаемую из памяти геоинформацию. Основными элементами, с которыми оперирует мысль, являются понятия, суждения, умозаключения, а также образы и представления. В результате решения задачи субъект приобретает опыт, закрепляет и уточняет об-

разы и представления, получает новое знание о географической реальности, совершенствует технологические процедуры решения аналогичных задач.

Отражение географической реальности является заключительным этапом создания идеальной геоинформации и предполагает не только воздействие на субъект извне, но и активное действие самого субъекта, которое проявляется в превращении чувств и образов в логическую мысль [БСЭ, 1978]. Отражение занимаемой территории характеризуется формированием высших геоинформационных единиц: выводов, гипотез, концепций, теорий. Гипотезы выражают предположительное суждение о закономерной (или причинной) территориальной связи географических объектов, явлений и процессов и обосновывают различные пространственно-временные варианты развития этих взаимосвязей. Концепция представляет собой определенный способ восприятия и отражения геосвойств, понимания и трактовки объектов, явлений, процессов или территорий географической оболочки. Она характеризует общую точку зрения и обозначает ведущий замысел геоинформационной оценки территории. В качестве кибернетического фактора концепция представляет собой руководящую идею для создания геоинформации. Теория – есть подтвержденная гипотеза, проверенное и доказанное истинно научное знание. Научная теория возникает и развивается на основе обобщения новых эмпирических фактов и является самой развитой формой организации знания.

Таким образом, результатом субъективной оценки параметров занимаемой земной поверхности являются субъективные геоинформационные модели, как итог определенных этапов механизма оценки территории. Они отражают осознанные или экспериментально обоснованные причинно-следственные взаимосвязи между свойствами географической оболочки и представляют собой основу географических знаний человека. Эти модели являются идеальным продуктом индивидуального человеческого мышления и, в основном, теряются со смертью субъекта. Общественный характер природопользования определяет необходимость воспроизведения этих идеальных образов в виде различных материальных продуктов с целью коллективного использования их как для получения новых знаний, так и как образцов для подключения к деятельности новых субъектов.

Стремление субъекта к воспроизведению своих геоинформационных моделей, в первую очередь, обусловлено существованием творчества как важной психической функции и мотивацией вида *Homo sapiens*. Помимо воспроизведения объективной действительности «творчество является также субъективным отражением состояния и многосторонней активности самого субъекта, результатов его деятельности и процессом самосознания» [БСЭ, 1978]. Реализация творчества как духовной человеческой потребности предполагает индивидуальное воспроизведение пространственных событий географической оболочки, отдельных актов жизнедеятельности, географических образов и представлений. Следовательно, творчество является не только сознательным стремлением к познанию свойств объективной реальности, но и сознательным стремлением к утверждению и закреплению своего знания в окружающем мире и сообщения этого знания другим членам общества. Наиболее ранними, сохранившимися до наших дней, продуктами воспроизведения свойств окружающей реальности являются наскальные рисунки. В этом случае сюжет рисунка дает общую оценку события, а плоскость локализации фиксирует местоположение на земной поверхности и, следовательно, дает пространственную характеристику события. Научное творчество является основой для практического, целенаправленного преобразования и управления объективными процессами в природе, обществе и мышлении и воплощается в современной технике и технологии.

Геоинформационная оценка территории представляет собой процесс интеллектуальных и физических действий по определению параметров земной поверхности, она является необходимым условием познания занимаемой территории и характеризуется формированием определенного массива географических сведений. Таким образом, геоинформационная оценка

территории является первичной практической процедурой при создании проблемно ориентированной геоинформации для организации структур жизнеобеспечения.

### 1.3. Источники геоинформации

Процесс создания геоинформации предполагает наличие трех составляющих, определяющих его механизм: источник информации, приемник геоинформации, информационная среда – канал передачи. Каждый объект этого процесса функционирует под влиянием определенных условий. При общей универсальности психофизиологического механизма создания геоинформации отдельные действия по обследованию занимаемой территории и ориентированию на местности, например у оседлых рыболовов и скотоводов-кочевников, различны. Эти различия в коллективной деятельности определяются существованием природных, общественных и исторических особенностей, которые по-разному проявляются на конкретных территориях, что, в частности, породило значительные различия в характере обществ и созданных ими комплексах природопользования.

Поскольку человек является неотъемлемой частью географической оболочки, то на формирование и развитие его практической деятельности по познанию занимаемой территории оказывают влияние различные глобальные и локальные **источники геоинформации** (рис. 1). Биологические источники геоинформации определяют субъект, географические – объект, общественно-исторические – процесс этой деятельности.



Рис. 1. Источники геоинформации

**Биологические** источники обусловлены наличием в материально-духовной структуре человека двух составляющих – физиологической и психической. Развиваясь в географической оболочке, вид *Homo sapiens* постоянно находится под влиянием различных физических полей, главными из которых являются сила тяжести и солнечная радиация. Эти поля имеют векторный характер и оказывают наибольшее влияние на человека как на живой организм, причем зависимость гравитационная бесспорна, поскольку человек обладает физическим весом и плотностью.

Функционирование человеческого организма как биологической системы определяется, прежде всего, необходимостью поддержания энергетического гомеостаза и оптимальной деятельности всех элементов системы. Достижение этого состояния возможно при постоянном потреблении человеком необходимых экологических ресурсов и восстановлении энергии. О возникновении внутреннего или внешнего дисбаланса между организмом и средой человек может судить по активизации тех или иных физиологических потребностей. Необходимость удовлетворения этих потребностей является мотивацией к осуществлению индивидуального целеустремленного поведения по обследованию занимаемой территории в целях определения полезных объектов и организации оптимальных маршрутов перемещений между ними. Таким образом, процесс формирования и развития деятельности по геоинформационной оценке занимаемой территории обусловлен наличием физиологических потребностей у человека как

биологического вида, а необходимость их удовлетворения является основным материальным источником, определяющим индивидуальное пространственное поведение.

Главным **географическим источником**, определяющим распределение жизни на Земле и соответственно, планетарное развитие деятельности по геоинформационной оценке территории, является закономерность естественного разделения географической оболочки, которая проявляется в определенной смене физико-географических поясов и входящих в них географических зон на территории планеты. Основные причины зональности – шарообразность Земли и ее положение относительно Солнца. Физико-географические зоны определяют существование и условия жизни людей с определенным направлением рационального использования экологических ресурсов в производственной деятельности. Физико-географические зоны, если они формируются в более или менее сходных геолого-геоморфологических условиях, повторяются в общих чертах на разных материках при аналогичном географическом положении.

Согласно наиболее распространенной точке зрения, первые гоминиды возникли на территории Восточной Африки около 5 млн. лет назад. Создавая свою географическую среду, вид *Homo sapiens* организовывался в семейные группы и расселялся по территории континента. Первичное разделение гоминид по способу присваивания экологических ресурсов географической оболочки произошло в результате обособления отдельных человеческих групп континентальных охотников-собирателей и прибрежных рыболовов-собирателей. Очевидно, что эта экваториальная зона была наиболее благоприятным участком земной поверхности с оптимальным сочетанием биогенных, энергетических и территориальных ресурсов для формирования человеческой цивилизации.

Основу физико-географической зоны составляют зоны ландшафтные, формирующиеся в первую очередь широтным распределением по земной поверхности определенного количества солнечной радиации и атмосферных осадков. От этого соотношения зависят рельефообразующие процессы, типы растительности и темпы их естественного возобновления, богатство и видовой состав животных, микроорганизмов и типичных для каждой зоны почв. Эти специфические условия определяют приоритетные социально-экономические функции природных ландшафтов занимаемой территории при их организации в структуры природопользования. Основной таксономической единицей территории при освоении географической оболочки является географический ландшафт, который «воздействует на организмы принудительно, заставляя все особи варьироваться в определенном направлении, насколько это допускает организация вида. Тундра, лес, степь, пустыня, горы, водная среда, жизнь на островах и т.д. – все это накладывает особый отпечаток на организмы. Те виды, которые не в состоянии приспособиться, должны переселиться в другой географический ландшафт или – вымереть" [Берг, 1947]. Таким образом, человек является элементом географической оболочки, он непосредственно и тесно связан с природой через свою хозяйственную деятельность. Характер культуры социума конкретной территории определяется вмещающим ландшафтом через его экономические возможности. Именно физико-географические особенности региональных ландшафтных зон территориально и хронологически определили возникновение и распространение человека как создателя геоинформации, а географическая дифференциация человеческих коллективов обусловила различие в формировании технологий обследования и измерения занимаемой земной поверхности.

**Хронологические источники** создания геоинформации определяются формой и вращением Земли вокруг своей оси и Солнца. Фиксирование этих процессов движения материи в Солнечной системе и разработка приспособлений для их регистрации начались на стадии первобытного человеческого общества. Несомненно, что уже в то время человек проявлял интерес к Солнцу, Луне и звездам – объектам за пределами географической оболочки, которые легко наблюдаются невооруженным взглядом, а изменение фаз Луны становится заметным

уже через несколько дней непрерывного наблюдения. Энергетическая зависимость человека как биологического вида определила превращение этого интереса в целенаправленное поведение по наблюдению за светилами и определению закономерностей их нахождения, что способствовало формированию пространственных и сезонных предпочтений занимаемой территории. Очевидно, что первым эмпирическим выводом человека было установление связи между периодической сменой времен года, видом звездного неба и высотой солнца над горизонтом, а первым средством хронологической оценки был календарь.

Первые календари не имели точки отсчета и привязки к смене сезонов. Главной их задачей был простой подсчет дней и возможность оценки расстояний, преодолеваемых за суточный цикл, а главной единицей оценки был день-путь. Позднее, вследствие перехода к производящему хозяйству, назрела необходимость знать продолжительность года и уметь предсказывать начало сезонов. Эта потребность была реализована через астрономические наблюдения за движением Солнца и закрепление знаний в мегалитических сооружениях. В целом развитие понятия времени в различных культурах имеет схожий характер.

**Общественно-исторические источники** формируют социально-экономические условия процессов создания и использования геоинформации. «Человечество с момента своего становления было тесно связано с окружающей природой, черпая из нее средства существования. Приспосабливаясь к различным ландшафтам, люди вырабатывали систему навыков и обычаев, что повлекло разделение человечества как вида на разнообразные коллективы» [Гумилев, 1989]. Эти коллективы организовались в этнические и территориальные общности – государства, они разработали уникальные способы эффективного использования занимаемого пространства, сформировали определенные экологические отношения к природе и создали различные природно-технические территориальные комплексы.

Образованию государств способствовала концентрация земледельческого населения вдоль больших рек и надежные естественные рубежи – горы и пустыни. Основой земледелия являлось искусственное орошение, когда посредством системы каналов, плотин и дамб вода равномерно подавалась на поля. Устройство оросительной системы было не под силу отдельным семьям, поэтому несколько сельских общин объединялись и сообща начинали проводить все работы. Каждая семья получала для себя отдельный участок, который обрабатывала своими силами и с которого собирала для себя урожай. Например, благодаря объединению Верхнего и Нижнего Египта, которое стало необходимым следствием и логическим результатом всех физико-географических условий Нильской дельты, был образован первый территориально-административный механизм, основанный на знании природных условий занимаемого пространства и практикующий оптимальное использование территории.

Таким образом, главным условием существования государства является наличие естественного природно-территориального комплекса, основанного на устойчивом сочетании приемов использования того или иного типа природных предметов труда и земного пространства [Ишмуратов и др., 2004]. Этот комплекс воспринимается населением как наилучший и постоянный источник необходимых ресурсов и средств жизнеобеспечения, требующий стереотипа оптимального поведения в занимаемом ландшафте.

В результате возникновения коллективной собственности появилась необходимость фиксирования территориальных границ и объектов этой собственности в целях охраны и инвентаризации своих экологических ресурсов. Государственный аппарат позволил не только упорядочить деятельность по измерению территории, но организовать централизованную систему обучения и подготовки специалистов и тем самым обеспечить преемственность этой деятельности.

Являясь относительно устойчивым пространственно-временным образованием и стремясь к расширенному воспроизводству своих членов и занимаемой территории, государство



формирует систему экономических и политических интересов. Необходимость удовлетворения этих интересов способствует мотивации социума на создание геоинформации и определяет активность отдельных коллективов на познание свойств географической оболочки для организации природопользования, защиты своих владений, ведения военных действий, предотвращения природных катастроф и т.п.

Таким образом, именно государство как собственник территории на основе своих интересов способствует реализации непрерывного процесса создания-использования геоинформации, ее актуальности и легитимности. Благодаря законодательной деятельности и созданию научно-исследовательских и отраслевых организаций, государство формирует благоприятную информационную среду и обеспечивает надежность геоинформационной оценки занимаемой территории как необходимого условия организации и оптимизации структур жизнеобеспечения.

#### 1.4. Образование геоинформации

В основе понятия «геоинформация» лежат постулаты о физической непрерывности и качественно-количественной дискретности географической оболочки, каждый объект (условная точка) которой обладает уникальными свойствами. **Геосвойства** представляют собой материальные признаки земной поверхности и определяют общность и отличие географических объектов в территориальном взаимодействии. Они характеризуют общую пространственно-временную структуру географической оболочки: местоположение на земной поверхности, качественную сущность объекта и его дискретное состояние в процессе развития, имеют различную природу происхождения и относятся к разным категориям движения материи.

Взаимодействие субъекта с окружающим пространством обуславливает возникновение и существование геоинформации как субъективно ограниченного разнообразия свойств географической реальности. Это ограничение достигается благодаря реализации психических функций человека и заключается в отражении взаимосвязей объектов в соответствии с их пространственно-временной локализацией на земной поверхности. Практическая цель такого взаимодействия заключается в общей оценке параметров занимаемой территории для ее оптимального использования.

Мысленное воспроизведение действительности и ее теоретическое преобразование возможно лишь в системе отдельных **информационных категорий**, отражающих различные формы географической реальности, а в совокупности – всю реальность (в той мере, в какой она познана) (рис. 2).

Информационные категории возникли и развиваются как результат обобщения исторического познания и общественной практики и характеризуют собой идеальный аналог материального мира, его общих свойств, связей и отношений. Категории связаны между собой так, что каждая из них может быть осмыслена лишь как элемент всей информационной картины мира. Ни одна из категорий не может ни заменить, ни перейти в другую. Каждая категория отражает действительность лишь в плоскости своих информационных свойств, отношений и закономерностей, понятия специальных областей знания и более узких сведений вырастают на почве исследования и обобщения отдельной категориальной сферы.

Каждая информационная категория определяет конкретный аспект действительности и характеризует внутреннюю связь вещей. Субстанциональная информационная категория определяет физическую и химическую сущность объектов географической оболочки, ее формирование обусловлено формами существования и движения материи. Топологическая информационная категория определяет глобальную структуру локализации объектов географической оболочки на земной поверхности. Формирование этой категории обусловлено формой и размерами планеты. Хронологическая информационная категория определяет динамику и

развитие географической оболочки и фиксируется последовательностью географических событий, ритмами и циклами. Антропогенная информационная категория определяется природой человеческого мышления и обуславливает существование геоинформации как феномена практической деятельности. Именно эта категория мотивирует создание и использование геоинформации как общечеловеческой ценности.

	Субстанциональная информационная категория	Топологическая информационная категория	Хронологическая информационная категория	Антропогенная информационная категория
Гео-свойства	физическая непрерывность и качественно-количественная дискретность географической оболочки Земли	пространственное положение в географической оболочке Земли	эволюция географической оболочки Земли	
Гео-данные	физические и химические параметры	плановые и высотные координаты, уклон поверхности, сила тяжести, экспозиция	хронология событий	субъективные рецепторы-анализаторы, специальные приборы и технологии
Гео-информация	гипотезы, концепции, теории	геоид, картографические проекции, геоинформационное поле	ритмы, циклы	идеальные геоинформационные модели, материальные геоинформационные модели-заместители

Рис. 2. Морфологическая структура геоинформации

Отражая действительность, информационные категории вместе с тем являются необходимым интеллектуальным средством ее анализа и преобразования. Они выступают в роли системообразующих элементов умпостигаемой и оцениваемой объективной реальности, логического средства ее понимания и регистрации при формировании связей между субъектом и объектом.

### Образование геоданных

Благодаря способности человека к восприятию и обработке сигналов окружающего пространства, геосвойства определяются соответствующими органами чувств, а также регистрируются измерительными приборами в разработанных системах отсчета как физические и химические параметры географических объектов.

Регистрация геосвойств осуществляется посредством выполнения целенаправленных интеллектуальных и материальных операций: наблюдение качественного состояния объектов земной поверхности и измерение их пространственных характеристик. Описание результатов операций способствует материализации геосвойств в пригодную для коллективного использования форму (рис. 3).

Таким образом, процесс создания геоданных представляет собой эксперимент, при котором контроль и управление процессом заключается в применении соответствующего средства регистрации геосвойства, в выборе определенных климатических условий, в использовании оптимальной экспериментальной технологии и т.п.

При геоинформационной оценке природопользования эксперимент выступает как технологическая единица познания земной поверхности и закрепления новых сведений в социуме. Планирование эксперимента осуществляется на основании исходных идей и теорий, а также практического опыта. Особенностью естественнонаучного эксперимента является то, что он заключается в реализации взаимодействия оцениваемого объекта с некоторым матери-

альным фактором – прибором или приспособлением. Результатом геоинформационного эксперимента являются **геоданные** – регистрируемые свойства объектов земной поверхности в форме, доступной для хранения, обработки и передачи. Совокупность геоданных служит основой для создания информационной модели оцениваемого объекта или территории. Будучи зафиксированы и описаны с помощью какой-либо знаковой модели (вербальная, визуальная и др.), геоданные закрепляют в обществе качественно-количественную меру познаваемого пространственно-временного разнообразия географической реальности.

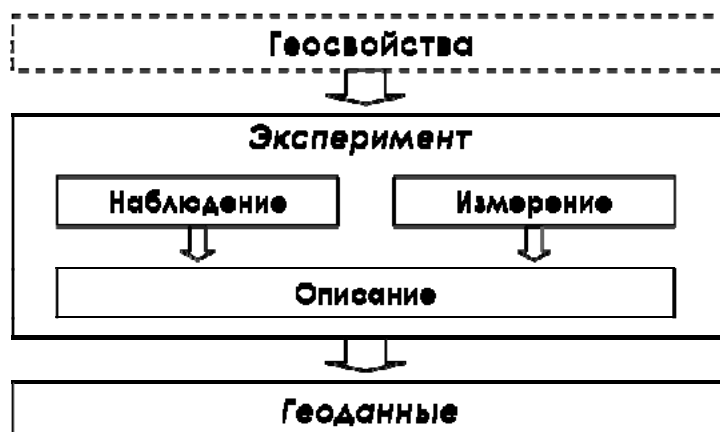


Рис. 3. Образование геоданных

Таким образом, геоданные представляют собой особую материально-идеальную субстанцию объективной реальности, поскольку, с одной стороны, являются материальными признаками географической оболочки, а с другой – принадлежностью субъективного сознания, которая является общественно полезным продуктом и имеет значение в системе человеческих ценностей.

### **Образование геоинформации**

Общественно-историческое разделение труда при организации природопользования способствовало углубленному изучению информационных категорий и образованию отдельных предметных областей исследования географической реальности, характеризующихся уникальными геосвойствами и выполняемыми действиями при их преобразовании. Эти процессы привели к формированию дифференцированных подходов к оценке земной поверхности в виде географических методов исследования как «способов достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупности приемов или операций практического или теоретического освоения действительности» [СЭС, 1988].

Каждый метод нацелен на обработку и анализ геоданных одинаковой природы происхождения, образующих определенную предметную область. При оценке субстанции географических объектов такими областями являются физическая структура и химический состав географической оболочки, самостоятельные предметные области образуют распределение биомассы и социума на земной поверхности.

Реализация методов исследования при решении конкретной территориальной задачи направлена на формализацию однородных геоданных – процесс сопоставления изучаемых объектов и явлений данной области действительности с определенными материальными конструкциями (моделями), обладающими относительно устойчивым характером и позволяющими в силу этого выявлять и фиксировать существенные особенности и закономерности развития этих объектов и явлений.

Таким образом, геоданные включаются в процесс создания геоинформации при осознании их значения и ценности в управлении процессом природопользования. Целенаправленное

использование геоданных определенной предметной области действительности осуществляется посредством соответствующего метода исследования. При этом происходит организация дискретных геоданных в топологически обоснованные и однозначные геоинформационные модели различной иерархии. В результате образуется **геоинформация** – территориальная совокупность однородных геоданных, актуальная для решения пространственной задачи.

### 1.5. Типы и функции геоинформации

Разделение труда при организации природопользования способствовало формированию отдельных коллективных действий по измерению и субстанциональной оценке объектов занимаемой территории. Создаваемые при этом знания передавались от поколения к поколению в устной форме, а также в виде образцов деятельности (чертежи, календари и т.п.) и функционирующих структур жизнеобеспечения. Таким образом, в социуме формировалась особая нормативная система [Розов, 1977], определяющая порядок действий при оценке земной поверхности и ретрансляцию этого опыта.

Нормативная система обеспечивает реализацию целенаправленного поведения участников, некоторого набора действий, которые сохраняются, воспроизводятся и передаются от участника к участнику за счет особого отношения – подражания и копирования. Эти отношения служат базой закрепления функции системы, они создают социальную волну, которая распространяется в социуме и включает в себя все новых и новых участников. Индивидуальная память участников важна в системе постольку, поскольку она обеспечивает способность к подражанию, способность действий по образцам в тех общественно-исторических условиях, которые складываются внутри общества.

Для нормативной системы по геоинформационной оценке природопользования характерна специфическая внутренняя организация. Как любой кибернетический механизм, эта система нацелена на обеспечение своего непрерывного развития. Каждый участник, подключаясь к системе, осуществляет определенные действия (межевание, картографирование, космосъемка и др.), чем обеспечивает постоянно повторяющийся способ функционирования системы. Кроме того, благодаря отражению меняющейся географической реальности каждый участник создает новую геоинформацию. В любой момент в системе могут быть выделены участники, с которыми связана функция памяти (кто помнит технологию или образцы деятельности), но в следующий момент это будут другие участники. Функция памяти передается, как эстафета, по цепочке, и система в целом «помнит» образцы, независимо от индивидуальной памяти каждого участника. Эта память выступает в роли динамического способа хранения и передачи геоинформации, необходимой для воспроизводства пространственной человеческой деятельности.

Таким образом, нормативная социальная система по геоинформационной оценке природопользования существует и функционирует в результате воспроизводства новых участников и образцов деятельности, которые создают эти участники. Сами участники являются носителями знаний, а образцы являются предметами ретрансляции этих знаний. Следовательно источники геоинформации существуют как в виде объективных геосвойств, которые в любой момент могут быть преобразованы в геоданные, так и в виде субъективных образцов (моделей-заместителей), предназначенных для коллективного использования. Такое положение геоинформации как продукта субъект-объектных и субъект-модельных отношений определяет необходимость ее деления на два независимых типа: **прямую и косвенную информацию**.

Прямая геоинформация создается при непосредственном взаимодействии с объектами и территориями земной поверхности. Косвенная геоинформация создается при взаимодействии с геоинформационными моделями-заместителями. Современный процесс создания геоинформации, как правило, имеет интегрированный характер. Прямая геоинформация, в результате

моделирования, преобразуется в косвенную. Поскольку современная географическая среда занимает практически всю земную поверхность, то и косвенная геоинформация различных территориальных уровней уже имеется. При возникновении мотивации к созданию геоинформации на конкретную территорию (постановке задачи к деятельности) субъект вынужден либо воспользоваться имеющейся косвенной, либо создавать прямую геоинформацию (полевые работы).

Прямая геоинформация создается и накапливается в течение всей жизни субъекта из географических образов и представлений и закрепляется в памяти. Косвенную геоинформацию человек получает в процессе целенаправленного обучения. В этом случае путем подсознательного копирования навыков оценки и использования занимаемой территории субъект подключается к готовой системе стандартных действий и создает геоинформацию, адекватную для других участников природопользования.

Прямые геосвойства объектов и процессов являются составной частью географической оболочки и изменяются в процессе эволюции Земли. Будучи незафиксированными, они исчезают. Хранятся и накапливаются только регистрируемые и закрепленные геоданные. Это правило подтверждается исключениями – непосредственно в природе могут храниться косвенные геоданные-индикаторы, отображающие какие-либо геосвойства прошедших пространственных событий (годовые кольца деревьев, чешуя на рыбах и т.п.).

Общественно-исторические функции геоинформации выявляются благодаря сравнению геоинформационной оценки природопользования с процессом познания [Розова, 1986]. Во-первых, как сам приобретаемый опыт и знания (прямая геоинформация), формирующийся в практической деятельности и в этом качестве представляющий организацию современного поведения социума при использовании занимаемой территории. Во-вторых, как механизм или средство передачи опыта и знания во времени в виде постоянно воспроизводимых образцов этой деятельности (косвенная геоинформация).

Поскольку геоинформация создается и накапливается по мере создания географической среды, прямая геоинформация выступает как средство познания и моделирования географической оболочки и реализуется в познавательной функции. Косвенная геоинформация выступает как средство хранения, накопления и передачи сведений об этой оболочке и реализуется в коммуникативной функции. Следовательно, в процессе развития общества геоинформация выполняет две общественно-исторические функции: **познавательную и коммуникативную**.

Геоинформация не может быть передана, принята или хранима в чистом виде. Ее носителем является сообщение – кодированный эквивалент события, зафиксированный источником информации и выраженный последовательностью условных физических символов (алфавита), образующих упорядоченную совокупность. В результате накопления опыта по геоинформационной оценке географической реальности человечество получило возможность выявить и обосновать определенные объективные правила воспроизведения явлений и процессов этой реальности в моделях-заместителях. Этот процесс привел к формированию картографической системы знаний как инструмента социальной памяти, который приспособлен к воспроизведению, хранению и передаче географической информации в отрыве от практически осуществляемых на местности действий [Назаров, 1962; Бочаров, 1966; Асланикашвили, 1967; Bertin, 1967; Измайлова, 1976; Ratajski, 1976; Лютый, 1981]. Отделение этой специфической формы знания от породившей ее прикладной деятельности способствовало передаче опыта деятельности через соответствующую систему знания. Пригодность тех или иных объектов и процессов географической оболочки для природопользования служит основой их соответствующего обозначения. Многократное воспроизведение одних и тех же практических действий приводит к нормированию обозначения, которое закрепляется в рефлексии, относящей знаки к объектам.

Таким образом, процесс передачи и закрепления геоинформации в виде качественно-количественных параметров географической оболочки реализуется в геоинформационных (идеальных, аналоговых, электронных) моделях-заместителях на основе грамматического строя языка карты [Лютый, 1988]. Геоданные организуются в топологически однозначные знаковые комбинации посредством двух подязыков, из которых первый обеспечивает воспроизведение данных о размещении и взаимном положении, пространственной форме и ориентации объектов географической оболочки. Второй подязык обеспечивает отображение содержательной сущности этих объектов.

Элементы языка карты материальны, поскольку реализуются в материальных графических знаках и всегда связаны с физиологической работой мозга и зрительного аппарата человека, но они же идеальны, так как отражают некоторый смысл или идею и хранятся в сознании субъекта в форме психических отображений своей собственной материи.

Элементы языка карты в некотором роде являются «метагеоданными» и служат универсальной основой для отображения географической реальности. Соответственно, язык карты – это «...объективно существующий феномен, сформировавшийся в общественно-исторической практике человека, передающийся из поколения в поколение путем обучения и приобщения субъектов к соответствующему кругу явлений. Носители этого языка – лица, умеющие составлять, читать и понимать карты, сами карты – тексты этого языка» [Лютый, 1988].

Язык карты регламентирует пространственные правила ограничения разнообразия объективной реальности и представляет собой алгоритм воспроизведения геоинформации в моделях-заместителях, тем самым реализуя познавательную функцию геоинформации. Поскольку он определяет закрепление и ретрансляцию геоинформации с помощью картографической общественной памяти, то в этом аспекте – он реализует коммуникативную функцию геоинформации. Следовательно, любая геоинформационная модель является, с одной стороны, средством познания географической реальности, с другой – средством передачи сведений об этой реальности.

В процессе развития в социуме сформировалось несколько типов моделей-заместителей для воспроизведения объективной реальности. В первую очередь, это собственно географические объекты и процессы, которые содержат максимальный объем геоинформации. Поскольку создавать прямую геоинформацию при непосредственном обследовании объектов не всегда оказывается возможным и удобным, то часто создаются их экспериментальные макеты.

Наиболее древним способом накопления и хранения геоинформации являются экспертные представления и индивидуальный человеческий опыт. Экспертные представления, изложенные с помощью того или иного языка на бумаге или записанные в цифровом виде, книги и другие публикации, представляют собой описательные модели. Переход к количественному уровню отображения информации об объектах предполагает параметризацию их описания и разработку возможностей измерения значений вводимых переменных. Совокупность геоданных содержит определенные сведения об объекте или процессе и является его эмпирической моделью.

Самостоятельный тип образуют координатные (геодезические) модели. Эти модели представляют собой данные измерений триангуляций различного класса, а также совокупности координатных точек и маршрутов, полученных с помощью приемников систем глобального позиционирования. Отличие этих моделей в том, что они не несут содержательной информации об объектах, а лишь фиксируют их физические параметры в трехмерном пространстве.

На основе эмпирических моделей, в результате специальных преобразований исходных геоданных расчетным способом либо путем более жесткого ограничения системами уравнений и неравенств создаются математические модели. В отдельный тип следует выделить визу-

альные модели геоинформации: графические – карты, геоизображения, фотографии и т.п.; виртуальные – компьютерные, телевизионные, голографические и т.п.

Являясь необходимым продуктом сознательной и целенаправленной деятельности, геоинформация является элементом системы ценностей и идеалов человечества. Полезность геоинформации реализуется в ее общественно-исторических функциях в эволюции социума. Соответственно, главным свойством геоинформации является ее **ценность**. А.А. Харкевич [1960] предложил измерять ценность информации через изменение вероятности достижения определенной цели, возникающее под воздействием данного сообщения. Например, при поиске проводника для маршрута экспедиции главным фактором выбора эксперта является его ценность как носителя геоинформации. Это не свойство в чистом виде, это скорее положение в иерархии человеческих приоритетов. В условиях товарного производства ценность геоинформации облекается в эквивалентную стоимость.

Процесс создания прямой геоинформации значительно дороже. Сама возможность создания прямой и эмоционально-субъективной геоинформации – уже важная ценность. Человек согласен платить за новизну и уникальность информации об озере Байкал, которую он будет хранить в виде географических образов и представлений, а также косвенных фотографий.

Ценность геоинформации имеет интегральный характер и зависит от частных свойств: актуальности, точности, надежности, полноты. Мотивом к созданию проблемно ориентированной геоинформации является осознанная необходимость решения определенной территориальной задачи. Соответственно, свойство актуальности геоинформации определяет ее ценность как средства достижения поставленной цели. Ценность геоинформации актуализируется в результате военных действий, чрезвычайных ситуаций, разработки месторождений полезных ископаемых и т.п. В этих условиях появляется необходимость создания прямой геоинформации (и не только о своей территории), происходит преимущественная реализация ее познавательной функции. В период экономической и политической стабильности необходимость создания прямой геоинформации снижается, а общество в повседневных нуждах использует косвенную геоинформацию, ограничиваясь ее коммуникативной функцией.

Таким образом, обеспечивая социум актуальными сведениями для организации структур природопользования и ретрансляцию опыта по их созданию, переработке и хранению, геоинформация занимает важное положение в системе человеческих ценностей и является необходимым продуктом человеческой практической деятельности.

## II. РАЗВИТИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

### 2.1. Операции геоинформационной оценки природопользования

С начала своего развития вид *Homo sapiens* вынужден был обследовать земную поверхность с целью поиска и добычи экологических ресурсов. Соответственно, основными вопросами для человека были: какова полезная сущность того или иного географического объекта для удовлетворения потребностей и как он расположен относительно других полезных объектов. Несомненно, что первые гоминиды выполняли плано-высотную оценку территории при выборе оптимальных расстояний во время охоты, мысленно фиксировали и сравнивали вероятную энергозатрату и безопасность маршрутов с получаемой при этом выгодой удовлетворения своих потребностей. Они приспособлялись к климатическим условиям и прогнозировали последовательность событий, использовали растительный покров и элементы рельефа для организации быта.

Таким образом, пространственно-временные условия существования социума в географической оболочке исторически способствовали формированию и рефлекторному закреплению практических действий по определению полезности и отбору приемлемых качественных и количественных характеристик объектов природопользования, их размеров и территориального расположения. Эти действия должны были соотноситься со свойствами и законами действительности, с объективной логикой тех вещей, с которыми человек имел дело. Становясь предметом осознания, эти действия выступали в качестве стимулов мышления.

Территориальная дифференциация предметов земной поверхности обусловила формирование первичных структур жизнеобеспечения в виде локальных участков и территорий (водный источник, ареал охоты и т.п.), а также маршрутов перемещений между ними. Необходимость оптимального использования и охраны своей территории требовала точного определения параметров объектов, включаемых в процесс природопользования. Становление таких знаний осуществлялось посредством выполнения отдельных операций обследования географических объектов: наблюдение используемых объектов, измерение их пространственных параметров и описание их физико-географических характеристик (рис. 4).

При реализации операций происходит взаимодействие познающего субъекта, посредством органов чувств или каких-либо приспособлений, с объектами занимаемой территории. Каждая операция является наименьшей технологической единицей практической деятельности человека в процессе геоинформационной оценки природопользования и представляет целостное действие, соотносимое с задачей определения конкретного параметра объекта либо территории. Как результат функционирования социальной системы операции представляют собой общественно закрепленные нормативные действия.

Дифференциация операций обусловлена морфологической структурой геоинформации, каждая операция может регистрировать свойства отдельной информационной категории, фиксирование геосвойств осуществляется на основе унифицированных параметров. Параметризация геосвойств в настоящее время выполняется посредством специальных устройств и приборов и отображается какой-либо знаковой системой.





Рис. 4. Операции регистрации свойств территории

Операции наблюдения и измерения выполняются при непосредственном участии субъекта в соответствующем пространственно-временном событии, их результатом является первичная регистрация геосвойств. Этот процесс сопровождается непрерывным обращением к памяти, анализом имеющихся субъективных географических образов и представлений, а также их накоплением. Операция описания может выполняться опосредованно, по прошествии многих лет (рассказы старожилов). Посредством операции описания осуществляется закрепление геоинформации и обеспечивается возможность коммуникации геоданных для коллективного использования.

Основой получения сведений о географических объектах и процессах является субъективное **наблюдение** качественных и количественных признаков занимаемой территории. Наиболее информативным индикатором состояния, динамики и взаимодействия всех физико-географических компонентов земной поверхности является визуально воспринимаемый ландшафт. Соответственно, первичной операцией геоинформационной оценки территории является наблюдение как «универсальная познавательная операция, предпосылка познавательной деятельности вообще, которая дает, в форме совокупности эмпирических утверждений, первичную информацию об объекте» [Грицанов и др., 2003]. Наблюдение включает в себя в качестве элементов: наблюдателя, объект наблюдений и средства наблюдений. При простейшей такой операции средствами наблюдения являются органы чувств человека или усиливающие их приспособления.

Реализация наблюдения заключается в активном и целенаправленном восприятии субъектом географической реальности, в ходе которого приобретает знание об инвариантных признаках фиксируемых объектов и их территориальных отношениях. При этом непосредственно определяются параметры внешних свойств объектов. О внутренних свойствах наблюдатель может судить лишь по косвенным признакам предыдущего опыта. В зависимости от экологической значимости в наблюдаемом объекте ведущим может оказаться либо одно, либо другое свойство.

Методической основой наблюдения являются генетические пространственные навыки человека, критериями наблюдения являются возможности органов чувств либо используемых технических средств. Важными факторами при наблюдении являются субъективные установки, характеризующие уровень активности и состояние наблюдателя. Таким образом, при геоинформационной оценке территории наблюдение представляет собой операцию непосредственной регистрации субъектом событий, явлений и процессов, происходящих в определенных условиях. Прикладное значение наблюдения географических объектов и территорий заключается в практической оценке территории при организации структур жизнеобеспечения.

Поскольку все географические объекты имеют физические размеры, необходимым условием их оптимального коллективного использования является определение и унификация их геометрических характеристик. В основе получения таких характеристик лежит **измерение** – «операция по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающая нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины» [РТМ, 1995].

Операция измерения объектов земной поверхности заключается в сравнении измеряемой величины географического объекта с ее единицей для получения метрики этой величины в форме, наиболее удобной для использования. При этом определяется отношение измеряемого параметра к другому однородному параметру с величиной, принимаемой за единицу. Число, выражающее такое отношение, является численным значением измеряемого параметра (размером) и может быть выражено комбинацией символов в любой системе исчисления или любым другим принятым способом. Используемое при этом средство измерения содержит единицы искомой величины, считающиеся равными единице при измерении других величин такого же рода.

На раннем этапе развития социума основным средством измерения являлось тело человека, поскольку оно представляет собой совокупность частей, обладающих неизменностью размеров. Эти постоянные свойства своего тела человек соотносил со свойствами географических объектов. Следовательно, главными единицами измерения являлись размеры человеческих конечностей (локоть, фут и т.п.), а также территориальные единицы измерений, характеризующиеся человеческими возможностями преодоления земной поверхности (шаги, суточные переходы).

Простейшей операцией является прямое измерение, при котором количественный результат получается непосредственно из обследования объектов в процессе жизнедеятельности (размеры угодий, расстояния маршрутов и т.п.). Организация постоянных структур природопользования способствовала развитию производных измерений, в которых участвуют вторичные, или производные, физические единицы, такие как площадь, объем, плотность, скорость и другие.

В настоящее время, при оценке пространственных отношений объектов географической оболочки базовыми физическими величинами являются размеры Земли, а в прикладном аспекте – занимаемая территория. Средствами измерений являются специальные приборы и устройства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства. Результатом измерения занимаемой территории является морфометрическая характеристика объектов природопользования и их совокупных структур в виде абсолютных численных значений, в основном метрической системы мер.

Первое в истории определение размеров Земли как шара было произведено в Древнем Египте греческим ученым Эратосфеном в III в. до н.э. Оно было основано на геометрическом методе, который заключался в измерении линейной длины дуги меридиана между двумя точками земной поверхности, а также в определении в этих точках зенитного расстояния Солнца.

Этот метод получил название градусных измерений и использовался в определении радиуса земного шара для нужд астрономии, геодезии, географии и картографии. В настоящее время градусные измерения представляют собой систему высокоточных астрономических и геодезических измерений, выполняемых на земной поверхности для определения фигуры и размеров Земли. Результаты градусных измерений закреплены с помощью государственных астрономо-геодезических сетей и служат для обоснования топографических съемок. На основании градусных измерений пространственные отношения объектов земной поверхности выражаются численными величинами геодезических координат.

Измерение является базовой операцией и технологической основой системы знаний многих видов человеческой практической деятельности. Для наук о Земле характерна органическая связь наблюдений с определением численных значений характеристик исследуемых объектов и процессов. Техника измерений, их точность и разнообразие соответствуют своему времени и зависят от общего уровня развития социума. При этом пространственные измерения всегда имели важное значение в социально-экономическом и научно-техническом прогрессе общества. В современных условиях развития микропроцессорной технологии и космической геодезии эта связь становится главным фактором надежности и достоверности исследований околоземного пространства.

**Описание** географических объектов – это «...один из результатов исходного этапа географического анализа территории, этапа сбора фактического материала и его первичного или эмпирического обобщения» [Дьяконов и др., 1996]. Качественное описание основано на определении значимости объектов природопользования для действующего и познающего субъекта. Количественное описание предполагает определение состояния используемых объектов и их объемов как экологических ресурсов занимаемой территории.

Возникновение языков способствовало наименованию объектов природопользования в соответствии с их основными качественными и количественными особенностями. На раннем этапе развития пространственного мышления понятие о субстанциональности географического объекта могло формироваться только совместно с его конкретной мысленной локализацией. Осуществляя практическую деятельность на ограниченном участке местности, человек постоянно сталкивался с одними и теми же объектами, которые он характеризовал речевыми оборотами и использовал в качестве пространственных ориентиров. Обозначение имен объектов окружающего мира обусловлено, прежде всего, осознанием свойств, полезных для человека. Свойство полезности (биологической, энергетической, сакральной и др.) является важнейшей информационной характеристикой объекта, только затем следуют размеры, особенности очертаний и другие. Следовательно, методической основой описания объектов природопользования является их вербальное качественно-количественное наименование.

Это подтверждает анализ системы топонимии бассейна оз. Байкал, структурной основой которой являются эвенкийские, монгольские и бурятские названия. Вполне очевидно, что первобытный человек все горы и возвышенности оценивал обобщающим понятием «гора», реки и озера – «вода», что зафиксировано в ограниченном числе оценочных предикатов: хада – гора, булак – родник, ключ, дабат – склон, возвышенность, нуру – озеро. Результаты этой оценки закреплялись с помощью передаваемых от поколения к поколению топонимов.

В связи с практической необходимостью помимо сигнальной коммуникации возникла описательная, которая позволила отразить главные субстанциональные характеристики географических объектов. Например, дифференциация однотипных географических объектов по физическим показателям: р. Шара-Гол – желтая долина; м. Будун – толстый; о. Хэлтэги – наклонный; г. Тапхар – низкий. По химическим признакам: Умхэй-Нур – гнилое озеро, г. Сахюрта – кремневая гора, Гужир-Жолга – солончаковая падь. По ландшафтным особенностям: Саган-Хэрэ – ковыльная степь, ур. Нарсата – сосновое и другие.

Поскольку каждая система топонимов как смысловых образований дублирует структуру человеческой деятельности, то и система региональной топонимии бассейна оз. Байкал также имеет свои особенности [Бешенцев, 1993]. Значительное число топонимов описывает географические объекты как средства природопользования. Прежде всего это сведения о наличии биологических ресурсов: р. Нерунда – хариус, м. Оргокон – лежбище нерпы, долина Ширгили – тайменная, р. Туркукит – место прохода омуля, р. Урбикан – утиная; а также энергетических ресурсов территории: р. Хакусы – жара, горячая, пос. Куйтун – холодный, ур. Саса – снежное и другие. Значительное число топонимов характеризуют оборонительные свойства используемых географических объектов и фиксируют границы систем природопользования различных сообществ: ур. Шэбэтуй – изгородь, каменная оборонительная стена, Дайн-Хошун – мыс обороны, Кучулга – затвор, замок, о. Харанса – смотровой и другие.

Таким образом, топонимы являются первичными единицами качественно-количественного описания территории, поскольку закрепляют на местности определенные сущностные характеристики географической оболочки в виде вербальных форм, не тождественных, но подобных географическим объектам-ориентирам. Так, в топонимах находят выражение общие адекватные свойства обозначаемых объектов, и отражается постоянство отношений с этими объектами, они обладают способностью коллективной ретрансляции во времени.

## 2.2. Процедуры геоинформационной оценки природопользования

Познание законов географической реальности вынужденно идет методом последовательного отбора наиболее эффективных технических решений, выявления менее трудоемких приемов разрешения технических противоречий, выделения устойчивых сочетаний действий и достигаемых результатов. Развитие природопользования способствовало совершенствованию операций оценки занимаемой территории, формированию стандартных действий при организации природопользования, нормированию технологий измерения и разработке необходимых метрологических средств. Общественный характер природопользования обусловил необходимость закрепления и коммуникации создаваемой геоинформации в виде материальных продуктов, пригодных для использования всеми членами социума. Расширение географической среды, формирование государств, возникновение региональных видов деятельности (мореплавание, торговля и т.п.) требовали оценки пригодности используемых технологий и средств при изучении всей земной поверхности. Эти процессы сопровождалась познанием размеров и формы Земли, они определили развитие **процедур** (от лат. *procedo* – *продвигаюсь*) геоинформационной оценки природопользования как «последовательности познавательных и организационных действий с целью решения исследовательской задачи» [БСЭ, 1978]. Каждая процедура направлена на решение специальной задачи, совместная реализация процедур нацелена на создание и закрепление коллективно используемых геоданных (рис. 5).



Рис. 5. Процедуры геоинформационной оценки природопользования

## **Разработка систем отсчета геоданных**

Наряду с технологическим развитием в социуме происходило философское осмысление географической реальности, формировалось мироощущение человеком своего местожительства и накапливалось знание о занимаемой территории. Для первобытного общества создание геоинформации сводилось к расширению пространственного кругозора, накоплению эмпирического материала. «Первичные географические мотивы были представлены бытийной географией..., в ее основе лежало понятие «места» или «топоса», формирующего у человека свойства топофилии и топофобии, т.е. представления о хороших и плохих местах, хорошей и плохой охоте, дружелюбных и плохих народах» [Преображенский, 1997]. Центром такого «топоса» являлось тело субъекта, как создателя индивидуальной геоинформации, отождествляющего себя с центром познанной географической реальности. Все другие объекты и территории оценивались относительно своего местоположения и выражались в единицах суточных и сезонных переходов земной поверхности. Человек выявлял новые свойства объектов занимаемой территории, определял их полезные пространственно-временные инварианты для организации жизнеобеспечения и разрабатывал приемы их упорядочивания и оценки. Эти процессы способствовали разработке специальных систем отсчета, сначала физических, затем химических параметров объектов природопользования.

Помимо своего постоянного топоса человек мог фиксировать цикличность прохождения Солнца и других астрономических объектов над занимаемой территорией, а также использовать при ориентировании стороны света. Эта система отсчета как «совокупность координат и часов, связанных с телом, по отношению к которому изучается движение (или равновесие) каких-нибудь других материальных точек или тел» [БСЭ, 1978], имела глобальный характер и осмысливалась, приобретая форму мифов о богах и происхождении мира. В прикладных же целях использовалась эгоцентрическая система отсчета, как наиболее приемлемая и точная, поскольку тело человека представляет собой совокупность материальных элементов постоянной формы, конфигурации, иерархии в схеме тела, а также определенным числом физических различий. Центром этой системы является тело субъекта, как создателя индивидуальной геоинформации, проецируемое в точку земной поверхности посредством мышления. Соответственно, вся географическая реальность оценивается относительно субъективного и осознанного местоположения на земной поверхности.

При перемещении на значительные расстояния в качестве ориентиров кочевые племена использовали видимые небесные светила, а в качестве единиц хронологической оценки – их наблюдаемые ритмы. Благодаря полученным знаниям, человек вывел астрономические закономерности и разработал объективную астрономическую систему отсчета для организации своей пространственной деятельности.

Возникновение языков и наименование объектов природопользования позволило закрепить их пространственную дифференциацию на занимаемой территории. Любая система топонимии, как искусственно создаваемая географическая конструкция, определяется территориальной локализацией и образует топонимическую систему отсчета.

В период возникновения первых земледельческих государств важной составной частью культуры становится осознание необходимости взаимодействия человека с природой, которое исходило из умения человека с помощью ритуалов воспроизводить акты творения, подобные божественным силам, создавая стабильные структуры жизнеобеспечения, жертвенники, алтари, храмы, мегалиты. Так создавался сакральный центр мира, место становилось частью чего-то общего, божественного, которому греческие философы дали название «хорос», т.е. пространство. Оно было результатом творения, имело космоцентрический характер и включало в себя идеальные слои (макрокосм), Ойкумену (мезокосм) и место жизни человека (микрокосм).

Таким образом, уже у античных философов понятия «пространство» и «место» разделя-

ются. Место становится частью пространства Земли, Земля является шаром и центром геоцентрической системы отсчета. Древними греками были сформулированы понятия о географической широте и долготе места и разработана географическая система отсчета в виде сетки координат меридианов и параллелей, которая явилась первой системой отсчета для создания моделей земной поверхности.

Итогом накопленных астрономических знаний явилось осмысление гелиоцентрической системы отсчета географической оболочки, сформулировано понятие физического пространства, которое понимается как независимое от материи, абсолютное вместилище вещей, трехмерное пространство, которое можно измерять инструментально.

Изучение формы и размеров Земли позволило разработать геодезическую систему отсчета, основанную на точных геодезических и астрономических наблюдениях. Значительным шагом определения места Земли в космическом пространстве явилось установление закономерностей развития и движения планеты в галактической системе отсчета. Выход человека в космос способствовал разработке геоцентрической системы отсчета на основе искусственных спутников Земли.

Помимо пространственных систем, для оценки субстанциональных характеристик географической оболочки, разрабатывались специальные качественные и количественные системы отсчета, определяющие параметризацию познаваемых геосвойств (термическая, гравитационная и др.). В настоящее время в социуме используется множество систем оценки регистрируемых геосвойств, они закреплены с помощью современных технических приборов и инструментов.

#### **Разработка средства создания геоданных**

Процесс естественного восприятия ландшафта зависит от воздействия субъективных факторов, которые обусловлены тем, что оценка параметров ограничена как в геометрическом плане (ограниченный обзор и перспективное отображение), так и особенностями психофизиологии восприятия (ограниченная спектральная и энергетическая чувствительность). Снижение воздействия этих факторов достигается за счет возвышения точки наблюдения относительно земной поверхности, а также за счет применения различных технических приспособлений, усиливающих органы чувств человека.

На ранней стадии развития социума материальными средствами оценки выступали части человеческого тела и простейшие устройства и приспособления. В качестве естественных средств оценки земной поверхности использовались выдающиеся объекты, имеющие превышение над прилегающей территорией, а также объекты, имеющие аномальные физические свойства в наблюдаемом ландшафте, которые использовались в качестве ориентиров. Первые средства оценки представляли собой приспособления для непосредственного определения параметров используемых объектов на основе визуально регистрируемых признаков (иломер и т.п.). Первые технические устройства были основаны на магнитных свойствах планеты и предназначены для ориентирования на местности по магнитному меридиану, измерения магнитных азимутов, горизонтальных и вертикальных углов (компас, буссоль).

В настоящее время для проведения экспериментальной части геоинформационной оценки территории используются специальные приборы и технические инструменты, имеющие нормированные метрологические свойства. Они «являются носителями единиц, в которых хотят выразить измеряемые величины, а в основе их действия лежат механические, электрические, электронные, магнитные, оптические, термические, химические и другие явления, а также их сочетания» [БСЭ, 1978]. Современные технические средства оценки параметров географической оболочки, в основном, представляют собой электронные комплексы, позволяющие регистрацию и математическую обработку геосвойств различной природы происхождения.

Материальные технические средства создания геоданных представляют собой результат практической реализации интеллектуальных решений человеческих коллективов в процессе развития социума. Следовательно, первичным средством познания реальности являются психические способности человека, позволяющие анализировать внешние сигналы. Использование одних и тех же признаков земной поверхности привело к формированию аналитических приемов обработки и упорядочивания отраженного многообразия геосвойств с помощью субъективных умозаключений. Повторение операций оценки территории способствовало закреплению этих приемов в коллективной памяти в виде обобщений, шкал и классификаций геосвойств, которые, с одной стороны, являются продуктом субъективной мыслительной деятельности, а с другой – коллективной собственностью всех членов общества.

Таким образом, помимо материальных средств в социуме развивались виртуальные средства создания геоданных (от лат. *virtualis* – *мнимый, воображаемый*) как аналитические приемы оценки географической реальности. Основой виртуальных средств оценки являются шкалы упорядочивания отражаемой информации. При использовании номинальной шкалы оцениваемые объекты различаются по главным субстанциональным признакам в соответствии с их значением в территориальной структуре жизнеобеспечения. Эта классификация позволяла транслировать в коллективе основные свойства объектов природопользования, не сравнивая их между собой (гора, озеро и т.п.). Параллельно разрабатывалась и закреплялась в социуме порядковая шкала классификации объектов по их значению на занимаемой территории. Эта шкала использовалась для определения, насколько один объект отличается от другого, она основана на одном аспекте, отражающем один набор условий. Разрабатывалась также хронологическая шкала классификации развития природных процессов для оптимального использования биологических ресурсов (пастбище летнее, зимнее). В качестве средств хронологической оценки геоинформации использовались астрономические объекты, и в первую очередь Луна и Солнце.

Для оценки количественного разнообразия в социуме разрабатывались интервальные шкалы и шкалы отношений. Как и в случае с порядковой шкалой, с помощью интервальной также можно сравнивать параметры объектов, но эти сравнения делаются с более высокой точностью. Она позволяет получать только численную разность измеряемых объектов и процессов и делать на ее основе какие-либо выводы. Для сравнения величин относительно друг друга используется шкала отношений, которая является абсолютной шкалой, т. е. ее начало, в отличие от начала интервальной шкалы, имеет определенный физический (абсолютный) смысл и не может быть установлено произвольно.

В настоящее время под классификацией понимают «систему соподчиненных понятий (классов объектов), используемую как средство для установления связей между этими понятиями или классами объектов» [БСЭ, 1978]. Современные классификации объектов и территорий географической оболочки опираются на законы логики и строгий математический аппарат. Они выражают систему законов, присущих отображаемому фрагменту действительности, и фиксируют свойства и отношения объектов. Классификации позволяют выявлять порядок территориального состояния объектов и процессов и служат начальным этапом любого районирования и зонирования земной поверхности.

Помимо мыслительных приемов свертывания и оценки субстанциональных геосвойств в обществе разрабатывались способы объективной локализации их местоположения на земной поверхности. Результатом этих усилий явилась разработка картографических проекций, учитывающих размеры и форму Земли при отображении географических объектов и территорий. В частности, греческий ученый Птолемей во II в. в труде «География» значительное внимание уделил проблемам математической географии и картографированию. Основную задачу картографирования он видел в отображении сферической поверхности Земли на плоскую поверх-

ность карты с минимальными искажениями. На основании опыта предыдущих ученых он разработал равнопромежуточную коническую и псевдоконическую проекции и заложил основы современной математической картографии.

Таким образом, в социуме сформировались два типа средств геоинформационной оценки территории: материальные и виртуальные. Материальные средства в процессе создания геоданных выступают как предметы трудовой деятельности и представляют собой технические устройства для регистрации геосвойств, содержащие единицы измерения оцениваемых параметров. Виртуальные средства выступают как предметы интеллектуальной деятельности по упорядочиванию полученных геоданных и их формализации в виде какой-либо модели (рис. 6).



Рис. 6. Современная классификация средств создания геоданных

Современные виртуальные средства создания геоданных представляют собой автоматизированные алгоритмы анализа и синтеза регистрируемых геосвойств и закреплены в социуме с помощью программного обеспечения, а также отраслевыми правилами и нормативами. Материальным носителем этих средств является микропроцессорная техника. Взаимодействие средств осуществляется в результате создания крупных территориальных систем мониторинга географической оболочки, позволяющих производить создание, обработку и анализ непрерывных геоданных.

Каждое техническое средство способствует созданию геоданных, характеризующих конкретную информационную категорию географической реальности. Таким образом, структура геоинформации определяет необходимость классификации всех средств геоинформационной оценки территории по их целевому назначению на три главные группы: регистрирующие субстанциональные параметры, регистрирующие топологические параметры и формализующие результаты регистраций в приемлемой форме.



Физическая и химическая дифференциация географической оболочки определяет необходимость классификации средств создания геоданных по происхождению регистрируемых геосвойств, что заключается в различии материальных мер оценки и систем отсчета объективной реальности.

Познанные геосвойства могут быть выявлены и зафиксированы с помощью различных информационных источников, например шаговое, радиоволновое либо визуальное измерение расстояния. Информационные источники представляют собой формы изученных явлений, материализованные в виде технических устройств и проверенные практикой. Они определяют дифференциацию технических средств по источнику взаимодействия с географической оболочкой. Принцип действия физических приборов заключается в непрерывном измерении какого-либо физического параметра контролируемой системы. Действие химических приборов основано на определении молекулярной структуры, состава или химических изменений в контролируемой системе.

Возможность размещения средств создания геоданных в любой точке околоземного пространства способствовала оптимальной локализации точки наблюдения. Современные регистрирующие приборы установлены на искусственных спутниках Земли, различных летательных и подводных аппаратах. Соответственно, по условиям эксплуатации они разделяются на наземные, околоземные и космические.

При регистрации любой физической или химической величины неизбежны ошибки, вызванные объективными и субъективными факторами. Поэтому важной характеристикой средств создания геоданных является точность, как показатель объективности и надежности используемых принципов качественной и количественной их оценки, а также приемов пространственных измерений. Точность измерений характеризуется ошибками измерений, которые бывают систематические, вызванные ограниченной чувствительностью прибора, недостатками применяемой методики и т.д., и случайные – вызванные не поддающимися учету факторами.

Класс точности прибора устанавливается при выпуске путем калибровки его шкалы по образцовым средствам измерения в нормальных климатических условиях. Точность измерительного прибора численно равна величине ошибки, которая обычно выражается в процентах от полного значения шкалы и остается постоянной по всему пределу измерения.

Например, точность химических определений зависит от избранного метода анализа, а также от химико-аналитических приемов и чаще всего выражается величиной среднего арифметического результата некоторого числа повторных анализов и отклонениями отдельных результатов от этого среднего значения.

Средства создания топологических геоданных предназначены для регистрации углов направлений и расстояний на земной поверхности. Современное программное обеспечение, установленное на приборах, полностью решает задачи обработки наземных и спутниковых измерений и позволяет совместно обрабатывать результаты оценки пространственных параметров объектов, включая строгое уравнивание методом наименьших квадратов.

Формализация геоданных осуществляется на базе микропроцессорной техники посредством проблемно ориентированных программных продуктов. Каждая программа содержит необходимые сведения и правила решения определенной задачи и численные алгоритмы ее решения, основанные на единицах измерения изучаемой предметной области. В результате формализации однородных геоданных создается математическая модель действительности как совокупность математических формул, описывающая оцениваемый объект или процесс, при помощи которых исследователь может получить решение сформулированной задачи.

## Разработка технологий создания геоданных

Историческое развитие общества обусловило оформление оценочных действий при организации природопользования в виде специальных технологий и их закрепление в нормативной социальной системе. В современной литературе термин технология (от греч. *techné* – *мастерство, умение*) трактуется как «совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в различных отраслях промышленности» [БСЭ, 1978]. А также «технология в широком смысле – объем знаний, которые можно использовать для производства товаров и услуг из экономических ресурсов; в узком смысле – способ преобразования вещества, энергии, информации в процессе изготовления продукции, обработки и переработки материалов, сборки готовых изделий, контроля качества, управления» [Большой экономический словарь, 2007]. Таким образом, можно говорить о различных подходах к обобщающим определениям, которые отражают две сущности современной технологии: практическую и научную. При измерениях земной поверхности такое разделение ощутимо, например, в дисциплинарном делении на геодезию и высшую геодезию.

Особенностью технологии создания геоданных является охват широкой области деятельности, так или иначе связанной с приспособлением естественных процессов и явлений географической оболочки к человеческим нуждам. В практическом аспекте посредством технологии человек создает геоданные как определенный продукт (потребительную стоимость), который имеет самостоятельную ценность и может быть использован совместно с продуктом другой технологии. Практическая технология создает промежуточный продукт с позиции конкретно поставленной задачи, и его конечный образ диктует вид, необходимые средства производства и квалификацию исполнителей.

Научный аспект технологии создания геоданных заключается в изучении и оптимизации процессов взаимодействия практических технологий, средств труда, предметов труда и окружающей среды при создании всего многообразия конечных продуктов. Задачей технологии как науки является выявление физических, химических, механических и других инвариантов организации географической оболочки с целью выявления и использования на практике наиболее эффективных и экономичных производственных процессов, требующих наименьших затрат времени и материальных ресурсов. Поэтому при использовании любой технологии создания геоданных (например, гравиметрическая съемка, оформление карт и т.п.) важно не только что создавать, но и как организовать отдельные действия в общем технологическом процессе.

Таким образом, при единой цели технологии создания геоданных представлены различными практическими технологиями, характеризующимися своеобразием создаваемых промежуточных продуктов и уникальных, отработанных историческим опытом коллективных действий (рис. 7).



Рис. 7. Технологии создания геоданных

Каждая технология определяет порядок и организационную структуру конкретной коллективной деятельности, она может быть представлена, изображена, характеризована и т.д. Ее актуальность меняется от условий функционирования социальной нормативной системы (освоение территории, войны и т.п.). Она представляет существо процессов взаимодействия человека с природой, выступает как основа его жизнедеятельности и критерия истины в познании природы. В основе технологии лежит подражание преобразовательным природным процессам. Первые технологии геоинформационной оценки природопользования были основаны на унификации прикладных геометрических операций по измерению площади земельных угодий. Первым технологическим достижением было соединение в одной деятельности разных операций, осознание самой логики деятельности, уяснение и запоминание типа и последовательности операций. Так, совместное использование астрономических наблюдений и геометрических измерений способствовало разработке технологии градусных измерений, реализация которой позволила определить фигуру и размеры Земли.

Характерными признаками технологии являются материальная обусловленность, динамика, специализация и логичность. Материальная обусловленность технологии предполагает наличие трех компонентов объективного мира: объекта труда, средств труда и самого труда. Объектами труда при геоинформационной оценке являются земная поверхность и объекты природопользования. Средствами труда являются различные приспособления и устройства, позволяющие регистрировать геосвойства.

Динамика технологии отражает выполнение конкретных процессов, движений, действий. Это могут быть производственные процессы (межевание, издание карт), управленческие или инструктивные (как обработать информацию и принять решение), а также творческие (как получить новые технологии). Эти процессы совершаются при обязательном участии человека, благодаря его творчеству и труду. Сами по себе объекты труда не создают динамики, а выступают лишь как материальные носители мотивированных воздействий. Соединение труда с его объектом и составляет содержание технологического процесса создания геоданных как результирующего продукта, имеющего потребительную стоимость.

Специализация технологии отражается в адекватности ее отдельных действий для достижения необходимого результата. Каждая технология оптимально организована для исследования геосвойств определенной информационной категории. Технологии создания субстанциональных геоданных нацелены на оценку физических и химических параметров географических объектов. Технологии создания топологических геоданных ориентированы на оценку плановых и высотных параметров объектов.

Логичность технологии – это упорядоченность во времени и пространстве основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, их полное взаимодействие по всем параметрам (например, топосъемка – составление оригинала – издание карты). Логичность отрабатывается длительное время опытным путем, практикой, испытанием и проверкой как отдельных процессов, так и их совокупности в реальных условиях производства и окружающей среды.

При любом пространственном действии субъект создает идеальную модель используемой территории. Этот процесс основан на психофизиологических особенностях вида *Homo sapiens* и, в качестве результата, представляет собой совокупность индивидуальных географических образов и представлений. Коллективное использование создаваемых геоданных как первичного продукта геоинформационной оценки территории возможно лишь при преобразовании последних в материальные, общественно воспринимаемые документы. Как способ решения этой задачи в социуме сформировались технологии создания моделей-заместителей географической реальности. Первыми такими моделями являются предметы первобытного искусства. Их создание требовало примитивной технологии, а результатом было закрепление определенного сообщения для восприятия всеми членами коллектива.

При использовании человеком плоскости как опосредованного средства хранения информации модели-заместители занимаемой территории приобрели значение средств фиксации и коммуникации геоданных. Наиболее ранними такими продуктами считаются глиняные таблицы Шумера и Вавилона, затем следуют папирусы Древнего Египта, портуланы китайских и европейских мореплавателей. Самый древний чертеж известен с 3800 г. до н.э. На глиняной табличке была изображена северная часть Двуречья с рекой Евфрат и двумя горными цепями [Багров, 2004]. Создателем первой географической карты считают древнегреческого ученого Анаксимандра, который в VI в. до н.э. начертил карту известного тогда мира, изобразив Землю в форме плоского круга, окруженного водой.

В настоящее время основным способом создания моделей географической реальности является геоинформационная технология на базе микроэлектронной техники, которая формирует фундамент всех современных средств регистрации, передачи и обработки информации. Сама микроэлектроника возникла первоначально именно как технология: в едином кристаллическом устройстве оказалось возможным сформировать все основные элементы электронных технологических схем. Важным свойством информационной технологии является то, что для нее информация является не только продуктом, но и исходным сырьем, а электронное моделирование реального мира, осуществляемое с помощью компьютеров, требует обработки неизмеримо большего объема информации, чем содержит конечный результат. Информационная технология обладает интегрирующим свойством по отношению ко всем остальным технологиям.

В информационных системах происходит синтез разнородных геоданных, которые хранятся и обмениваются в силу их формализованности программными средствами. Эта особенность информационной технологии определяет необходимость выделения виртуальных моделей-заместителей географической реальности. Отличие виртуальных моделей от идеальных заключается в том, что первые являются коллективной собственностью и представляют собой формализованную и закрепленную в цифровом виде геоинформацию.

Общественный статус технологии определяется ее значимостью в жизни человека и влиянием на формы производства, тесной взаимосвязью с потребительными стоимостями, а также своей целесообразностью. Развитие технологии сопровождается автоматизацией ее отдельных действий и заменой их техническими средствами.

Общественный характер труда обусловил необходимость ретрансляции получаемых навыков остальным членам коллектива в виде демонстрируемых действий и описательных сообщений. На ранней стадии развития социума копирование и воспроизведение действий было уделом отдельных индивидов, которые быстро развивались физически и умственно, передавая эти способности по наследству и путем обучения молодых особей. Основой такой коммуникации является подражательная технология, составляющая базу современных обучающих технологий.

В целом можно сделать вывод, что практическое значение процедур геоинформационной оценки природопользования заключается в параметризации создаваемых геоданных и их закреплении в социуме посредством разработанных правил, методик и нормативов.

### **2.3. Методы и способы геоинформационной оценки природопользования**

Теоретической основой всех методов исследования являются общенаучные исследовательские концепции: общелогические, эмпирические, теоретические. Все методы существуют внутри определенных парадигматических ориентаций, закрепляются в принципах, нормах и методиках исследования, реализуются через навыки, умения конкретных исследователей и обеспечиваются соответствующими инструментальными средствами. Каждый метод задает логику исследовательской деятельности и обеспечивает регулирование и контроль ее процес-

сов. Качество методов проверяется практикой решения конкретных задач как принципов достижения цели, реализуемых в комплексе реальных обстоятельств.

Целью реализации методов исследования занимаемой территории является создание геоинформации на основе анализа и синтеза однородных геоданных, характеризующих конкретную предметную область действительности. При геоинформационной оценке природопользования такими областями являются материальный субстрат геосфер, который определяет происхождение геосвойств, а также их пространственное размещение на земной поверхности. Таким образом, общая дифференциация методов вызвана природой первичного взаимодействия субъекта (средства оценки) с объектами природопользования, которое обусловлено существованием различных информационных категорий объективной реальности.

В настоящее время существует несколько методов исследования географической реальности. К.К. Марков [1986] различает количественные и качественные методы, полевые, стационарные и семь экспериментальных методов: геофизический, геохимический, биогеографический, палеогеографический, сравнительно-описательный, картографический, математический. С точки зрения геоинформационного подхода, первые четыре метода решают задачи создания геоинформации, а три последних – задачи ее формализации и закрепления в социуме (рис. 8).

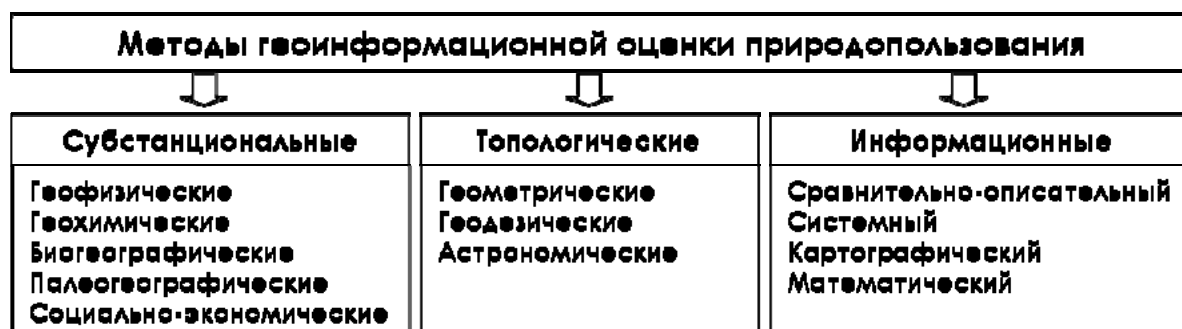


Рис. 8. Методы геоинформационной оценки природопользования

#### **Субстанциональные методы**

Определение физических свойств планеты способствовало формированию геофизических методов исследования как совокупности научно-прикладных действий по оценке свойств и процессов земной поверхности и околоземного пространства на основе косвенной информации об интенсивности и структуре различных физических полей, где каждое физическое поле численно характеризуется своими наблюдаемыми и регистрируемыми физическими параметрами.

Методологию и технологию этих методов обуславливает геофизика Земли и земных оболочек. Методы геофизики Земли направлены на оценку и измерение гравитационных, магнитных, электрических, сейсмических, термических и ядерных геосвойств. Геофизика земных оболочек дифференцирована на изучении атмосферы, гидросферы и литосферы. Геофизические методы исследования воздушной оболочки включают физику космоса и атмосферы, метеорологию, климатологию и др. Геофизика гидросферы состоит из гидрофизики, океанологии, физики моря, лимнологии, гидрологии, гидрогеологии, гляциологии и др. Из геофизики литосферы выделились прикладная и промысловая геофизика, осуществляющие гравиразведку, магниторазведку, электроразведку, сейсморазведку, терморазведку, ядерную геофизику и околоземные исследования скважин.

Существуют различные виды классификации геофизических методов исследования земной коры: по используемым полям; по технологиям и месту проведения работ; по прикладным, целевым направлениям и решаемым задачам; по видам деятельности (теоретическая,

инструментальная, экспериментальная, вычислительная и интерпретационная геофизика).

Если геофизические методы являются косвенными, дальнего действия и обеспечивают равномерный, объемный, и интегральный характер создаваемых геоданных, то геохимические методы исследования являются прямыми методами близкого действия, основанными на непосредственном изучении химического состава географической оболочки. Главная теоретическая проблема этих методов – определение относительной и абсолютной распространенности и миграции химических элементов в земной коре и на ее поверхности. Спецификой геохимического подхода является неперенное сочетание исследований фазового состояния и химического состава объектов с определением количественного соотношения форм нахождения химических элементов в природных образованиях. В настоящее время использование методов позволило установить диапазон вариаций и среднее содержание большинства элементов в горных породах, гидросфере, живом веществе и земной коре в целом.

В основе классификации геохимических методов лежит различие миграции элементов по формам движения материи. Ведущее значение в географической оболочке имеет биогенная миграция, выражающаяся в биологическом круговороте атомов, образовании и разложении органических веществ. Геохимические методы исследований используют дискретные измерения техническими средствами количественных показателей неоднородности природных сред и нацелены на познание законов распределения элементов и изотопов, процессов формирования горных пород, почв и природных вод. Важнейший методологический принцип геохимической оценки географической оболочки – историзм: изучение эволюции миграции элементов за период геологической истории, особенности состава атмосферы, гидросферы и литосферы прошлых эпох, геохимические факторы возникновения и развития жизни на Земле. Эффективность геохимических методов определяется выявлением прямых количественных признаков. Уровень и возможности прикладной геохимии во многом зависят от качества и объективности используемых геоданных.

Биогеографические методы исследования являются научно-прикладным направлением биогеографии. Их главная задача – познание закономерностей распространения исторически сложившихся совокупностей видов растений и животных на поверхности Земли. Предметом исследования этих методов является анализ флоры и фауны во времени и пространстве, с установлением, из каких таксономических групп, каким путем, как и когда образовались те или иные современные и ископаемые виды флоры и фауны. Объектами биогеографической оценки территории являются: ареалы растений и животных; биоты – сложившиеся совокупности всех видов растений и животных; ценозы – территориальные сообщества организмов; биомы – пространственные совокупности сообществ организмов.

Пространственно локализованной единицей географической оболочки при биогеографической оценке является биогеоценоз – взаимообусловленный комплекс живых и косных компонентов, связанных между собой обменом веществ и энергии. Границы биогеоценоза устанавливаются по растительности, являющейся одним из важнейших и легко выделяемых компонентов. Основная задача реализации этих методов заключается в биогеографическом районировании – разделении географической оболочки на биогеографические регионы, отражающие территориальную структуру распределения сообществ организмов в околоземном пространстве.

Социально-экономические методы исследования нацелены на оценку территориальной организации общества и изучают географическую среду человека, пространственное размещение социальных коллективов и структур их жизнеобеспечения. Они являются методологической основой социально-экономической географии и дифференцированы на методы исследования населения, его социальных возможностей для развития и воспроизводства на опреде-

ленной территории, а также методы экономической оценки занимаемой территории и материальных условий жизнедеятельности социума.

Таким образом, частными методами являются социальные, экономические и демографические. Первая группа методов изучает размещение и территориальную организацию населения, его место в процессе общественного производства, а также взаимодействие общества с природным окружением. Применение этих методов способствует оценке территориального аспекта проблем, связанных с населением, его численностью, структурой, естественным и механическим движением, расселением и территориальными формами. Практическими задачами методов оценки населения являются количественная и качественная оценка трудовых ресурсов, прогнозы и рекомендации по развитию форм расселения, отвечающих рациональному размещению производства, а также бытовым и культурным потребностям населения. Экономические методы оценки направлены на изучение пространственной организации общественного производства и особенностей формирования территориально-экономической структуры хозяйства различных регионов планеты. Демографические методы способствуют оценке закономерностей воспроизводства населения, зависимости его характера от социально-экономических и природных условий, этнического состава населения и т.п.

#### **Топологические методы**

Топологические методы геоинформационной оценки природопользования основаны на пространственном определении местоположения объектов и границ географической оболочки на (относительно) земной поверхности. Главная практическая задача этих методов заключается в точной локализации параметров объектов и территорий в системе координат земного геоида. Теоретическое значение топологических методов заключается в изучении фигуры Земли, определении ее размеров, формы и гравитационного поля.

Частная дифференциация топологических методов обусловлена площадью территории, занимаемой оцениваемым объектом или процессом географической реальности. При организации локальных структур природопользования используются геометрические методы оценки территории, не учитывающие кривизну Земли и базирующиеся на местных системах координат. При организации региональных систем жизнеобеспечения применяются геодезические методы, позволяющие выполнять оценку значительных территорий земной поверхности на основе геодезической системы координат. При исследовании планетарных процессов, а также оценке размеров земного геоида используются астрономические методы.

Положение объектов и территорий фиксируется относительно сети закрепленных на земной поверхности опорных геодезических пунктов, взаимные положения и высоты которых определены в геодезической системе координат и счета высот. Координаты опорных пунктов определяют преимущественно методом триангуляции, основанной на тригонометрическом принципе измерения расстояний, при котором на местности создаются ряды и сети треугольников, последовательно связанные между собой общими сторонами. Также для определения положения объектов и территорий применяется метод полигонометрии, который состоит в измерении на местности длин последовательно связанных между собой линий, образующих полигонометрический ход, и горизонтальных углов между ними. В некоторых случаях положение геодезических пунктов определяют методом трилатерации, измеряя все три стороны всех треугольников, образующих геодезическую сеть.

#### **Информационные методы**

Главная задача информационных методов исследования заключается в преобразовании геоданных в информационную модель, описывающую объекты и территории конкретной предметной области географической оболочки. Длительный период развития социума единственным механизмом исследования природопользования являлся сравнительно-описательный метод. Суть его заключается в сопоставлении и выявлении сходства и различия свойств, со-

стояний, процессов двух или более географических объектов или ландшафтов. На основе сравнения строятся выводы о закономерностях формирования и развития объектов в пространстве и времени. Этот метод используется как базовый на этапе эмпирического и теоретического обобщения при оценке, разработке классификаций, генерализации и прогнозировании регионального природопользования.

Использование пространственно-сравнительного подхода универсально для различных географических объектов и территорий. Сравнительная оценка является источником познания внутренних и групповых свойств объектов, определения их пространственных отношений и оптимальной территориальной организации как средств природопользования. Стержнем сравнительной оценки выступает логический прием сопоставления объектов, который обусловлен объективным разнообразием и сходством природно-территориальных комплексов и лежит в основе любой классификации объектов реального мира.

На начальном этапе развития геоинформационной оценки природопользования сравнение объектов производилось визуально, затем дополнялось сопоставлением качественных и количественных показателей, вербальных и картографических описаний. Дальнейшее обогащение информационной базы наук о Земле и возникновение новых задач привело к многоступенчатым способам обработки информации. «Понадобились новые формы традиционного сравнительного метода, в том числе формально-логические и математические... дальнейшее совершенствование комплекса методов, в основе которых лежит сравнение как специфический логический прием, связано с накоплением массовой унифицированной информации и ее обработкой с помощью ЭВМ» [Преображенский, 1988].

Стремление к всеобъемлющему изучению используемых объектов и занимаемой территории в целом способствовало формированию системной организации знания, основы которой заложены в античной философии. В современной науке такой прием оценки объективной реальности получил оформление в виде системного подхода – «...направления методологии специально-научного познания и социальной практики, в основе которого лежит исследование объектов как систем» [БСЭ, 1978]. В отличие от общенаучного системного подхода, при геоинформационной оценке природопользования применяется системный анализ определенной совокупности геоданных, как метод, функции которого ограничены систематизацией объектов и территорий в пределах отдельной геоинформационной категории реальности.

На ранней стадии развития науки базой формирования методики познания окружающей реальности выступали действия по сбору и обработке фактического материала. Эти действия были направлены, в основном, на оценку физических параметров земной поверхности, которые графически отображались на различных опосредованных поверхностях (бивни, панцири черепах и т.п.). Основным способом систематизации получаемых геоданных являлось создание чертежей местности и карт. Таким образом, следующее место по длительности существования занимает картографический метод исследования как путь изучения географической оболочки посредством карт. Карта представляет собой математически определенную модель земной поверхности, описывающую пространственное размещение и взаимосвязи географических объектов. Такое описание производится благодаря смысловой интерпретации географических объектов в образно-знаковые конструкции и их однозначной локализации на плоскости посредством картографических проекций.

Совершенствование приемов физических и пространственных измерений способствовало развитию математики как особой формальной системы отражения, упорядочивания и информационного преобразования разнообразия географической реальности. Соответственно происходила математизация областей знаний, имеющих дело с измерениями и количественными характеристиками географических объектов и явлений. Эти процессы привели к формированию математических методов исследования объективной реальности, под которыми по-



нимаются «...всякие методы, в ходе которых производятся математические действия, как над числами, так и над другими символами (в том числе над формализованными понятиями) с целью получения новых умозаключений и выводов» [Арманд, 1975].

Математический язык, по причине своей объективности и универсальности, позволяет формализовать и исследовать состояние и динамику различных природных образований и их структур в околоземном пространстве на основании анализа математически подобных моделей географической реальности. «Суть математического моделирования заключается в абстрагированном и упрощенном отображении действительности логико-математическими формулами, передающими в концентрированном виде сведения о структуре, взаимосвязях и динамике исследуемых географических явлений» [Дьяконов и др., 1996]. При геоинформационной оценке природопользования в настоящее время широко используются алгоритмы математической статистики – факторный анализ и метод главных компонент, а также алгоритмы классификации географических объектов, построенные на способах деления исходного множества оцениваемых объектов на непересекающиеся подмножества.

Проблемы математизации в науках о Земле обусловлены трудностью выделения измеримых параметров систем, являющихся предметом изучения, и разработки методов измерения таких параметров. Каждый раздел математики создавался для решения задач в определенной области знаний и развивался прежде всего для ее дальнейшей формализации. Кроме того, конкретный математический аппарат может использоваться в других областях знания. Возможность такого переноса обусловлена формальным сходством закономерностей, лежащих в основе математизированных теорий. Несмотря на то, что конкретные теории возникают из необходимости решения вполне определенных проблем, математическое моделирование изучает методы представления, а не конкретные предметные области.

Практическая реализация информационных методов заключается в формализации массивов геоданных в виде информационных моделей в форме, удобной для изучения процессов природопользования и принятия соответствующих территориальных решений.

Все методы исследования природопользования определяют специализацию операций и процедур применительно для решения своих задач, а также развивают средства и технологии оценки. Каждый из методов имеет универсальные единицы измерения изучаемого географического процесса или явления и позволяет ограничить разнообразие геосвойств своей предметной области посредством их формализации.

Историческая интеграция методов образует методологию деятельности по геоинформационной оценке природопользования, которая опирается на научные принципы диалектического и исторического материализма и представляет собой совокупность технологий и средств обработки и анализа эмпирических геоданных и их теоретических обобщений с целью создания геоинформации. Особенностью современной методологии исследования природопользования является «сложная трансформация заимствованных методов, образование сплава из традиционных и новых методов, соответствующего уже сформированной концептуальной базе» [Преображенский и др., 1988].

Таким образом, в результате реализации субстанциональных и топологических методов исследования создается прямая геоинформация, в результате информационных методов – косвенная. Такой подход определяет существование двух **способов геоинформационной оценки природопользования** – принципиально различных путей создания геоинформации, характеризующихся специализацией средств оценки, операций и технологий создания геоданных, экономической эффективностью производственного процесса, а также уникальностью промежуточных и итоговых результатов (рис. 9).

Прямой способ создания геоинформации предполагает контактную реализацию операций регистрации параметров занимаемой территории, косвенный основан на использовании в

камеральных условиях уже имеющихся моделей действительности. Эффективность первого зависит от технических возможностей исследователя, его квалификации и условий экспериментального процесса. Эффективность второго зависит от точности и надежности используемых моделей. Способы решают две основные задачи деятельности по геоинформационной оценке природопользования – параметризация географической реальности и воспроизведение этой реальности в виде моделей-заместителей.

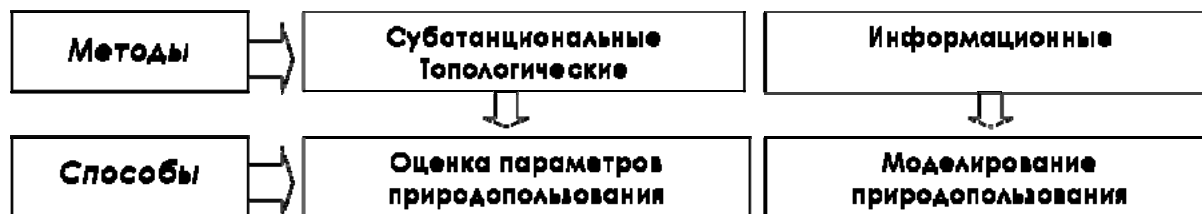


Рис. 9. Способы геоинформационной оценки природопользования

В современных условиях существования значительных объемов геоинформации во всех областях знаний, а также внедрения автоматизированных систем мониторинга процессов природопользования возрастает значение косвенного способа создания геоинформации, а именно моделирования реальности на основе формализованных геоданных. В общем смысле моделирование – это «опосредованное практическое или теоретическое исследование какого-либо объекта или явления, при котором изучается не сам объект или явление, а некий его заместитель: вспомогательная искусственная или естественная система» [Новик и др., 1968]. При этом модель находится в объективном соответствии с изучаемым объектом или явлением, замещая его на отдельных этапах познания и давая в конечном итоге новые сведения о самом моделируемом объекте. Построение модели, отражающей множество свойств географической оболочки, позволяет объединить, с одной стороны, стремление к разложению сложного объекта на системообразующие элементы, а с другой – к объединению этих элементов как территориальных систем. «Это удачное сочетание двух противоречивых тенденций делает модели незаменимым инструментом исследования таких сложноорганизованных объектов, как ландшафты. Вместе с тем они привлекают внимание науки как эффективное средство свертывания разнообразной информации» [Преображенский и др., 1988].

Необходимым условием при моделировании процессов природопользования является геометрическое подобие модели и географического объекта. Значения переменных величин, характеризующих развитие объекта для природы, должны быть пропорциональны значениям тех же величин и для модели. Это условие выполняется при формализации процесса развития объекта какими-либо математическими законами. Под моделью понимается «упрощенное воспроизведение реальности, предположительно отражающее в обобщенной форме ее существенные черты или взаимосвязи» [Хаггетт и др., 1971], и выделяются описательные и нормативные типы моделей. Первые описывают действительность с помощью определенной терминологии; вторые позволяют сопоставлять развитие некоторых объектов и явлений с другими, более исследованными, а также показывают, чего следует ждать в будущем при заданных условиях. Описательные модели могут быть статическими, динамическими или классификационными. Д. Харвей [1971], в зависимости от того, какие соотношения используются в моделях, выделяет две их категории: детерминистические – позволяют предсказать развитие исследуемой системы в пространстве и времени по известному ряду исходных условий и соотношений; стохастические (вероятностные) – имитируют процессы, протекающие не в соответствии с каким-либо законом, а хотя бы частично зависят от вероятностных или случайных факторов.

В. Преображенский подразделяет все модели на концептуальные, графические, математические и вербальные [Преображенский и др., 1988]. По характеру активности включаемых

элементов все модели делятся на объектные, объект-объектные и субъект-объектные. В объектных моделях подсистемы-элементы принимаются равноактивными в своем развитии. Примером объект-объектных моделей выступают модели развития систем типа природа-техника. При использовании субъект-объектных моделей выделяется одна из подсистем, которая как субъект обладает ценностными критериями, активностью, сознанием и волей, способностью преобразовывать объект.

При исследованиях пространственного развития объектов, имеющих вероятностный скачкообразный характер распространения, наиболее часто применяются гравитационные модели. Для имитации вероятностного характера пространственно-временного развития объектов используется метод Монте-Карло. При использовании этого метода оцениваемый объект рассматривается как некая абстрактная система, которая может находиться в нескольких различных состояниях [Михайлов и др., 2006]. При этом предполагается, что нахождение этой системы в каком-либо из состояний случайно. Вероятность состояния системы и связи между различными ее состояниями подчиняются определенному математическому алгоритму. С помощью набора случайных чисел моделируются конкретные состояния системы, а полученная информация обрабатывается методами математической статистики.

При исследовании динамики географических объектов, имеющих постепенный характер пространственно-временного развития, применяются диффузионные модели. В основе этих моделей лежит физический волновой процесс переноса вещества, выравнивающий концентрацию вещества в пространстве от ядра к периферии. При исследованиях субстанционального развития объектов для решения, прежде всего, задач прогнозирования, используются модели, основанные на цепях Маркова, когда исследуемый объект рассматривается как система, которая в любой дискретный момент времени находится в одном из состояний [Яглом и др., 1973]. Вероятность того, что в определенный момент система перейдет в следующее состояние, не зависит от предыдущего состояния. Вероятности перехода системы в своей совокупности образуют матрицу, причем в каждом ее столбце имеется хотя бы один отличный от нуля элемент. Для целей прогнозирования развития географических объектов используются также регрессионные модели [Червяков, 1978; Сербенюк и др., 1981]. В этом случае решение задачи заключается в экстраполяции как в нахождении определенной функции системы при выбранном значении аргумента. Это позволяет распространить выявленные закономерности изучаемого ряда за его пределы.

Применение геоинформационной технологии в географических исследованиях позволяет ограничить многообразие геосвойств на основе упорядочивания геоданных, знаний, моделей и теорий. Реализация такого интеграционного подхода при анализе и синтезе объектов и территорий географической оболочки привела к разработке методологии полисистемного моделирования, заключающегося в проективном расслоении сложного объекта на множество системных интерпретаций через отображение его свойств в разных предметных областях с установлением структуры отношений между этими свойствами [Черкашин, 2005].

При геоинформационной оценке природопользования в качестве основного заместителя объективной реальности выступает картографическая модель. При создании картографических моделей используются эмпирические геоданные, получаемые при качественно-количественной оценке и геодезических измерениях параметров объектов природопользования. Технологической основой этого процесса является «картографическое моделирование – создание, анализ и преобразование картографических произведений как моделей объектов и процессов с целью их использования для приобретения новых знаний об этих объектах и процессах, ... где сами карты рассматриваются как математически определенные, пространственные образно-знаковые модели действительности» [Берлянт, 1986]; либо «математико-картографическое моделирование» – системное сочетание математических и картографиче-

ских моделей для создания новых карт и расширения области их применения в исследовательских целях [Жуков и др., 1980].

При использовании геоинформационной технологии эти два направления целесообразно определить как **«геоинформационное моделирование»**, так как геоинформационная технология неразрывно оперирует пространственными образами совокупностей отдельных географических объектов и математически формализованными законами их размещения и развития на земной поверхности. Таким образом, процесс геоинформационного моделирования заключается в создании топологически подобных моделей объектов, процессов и территорий на основе геоинформационного поля как наиболее адекватного на данном этапе развития общества, заместителя географической реальности. Как средства познания действительности геоинформационные модели способствуют реализации познавательной функции геоинформации. Как средства закрепления и хранения в социуме территориальных сведений эти модели способствуют реализации коммуникативной функции геоинформации.

#### **2.4. Трансформация геоинформационной оценки природопользования**

В своем историческом развитии человечество прошло несколько обособленных и в то же время преемственных периодов геоинформационной оценки природопользования. Эти периоды связаны с освоением земной поверхности и преобразованием ландшафтной оболочки Земли. В частности, Ф.Н. Мильков [1970] при анализе антропогенного этапа развития ландшафтной сферы, выделяет:

- древнейший период (40 тыс. лет – 10 тыс. лет назад);
- древний период (10 тыс. лет – 3 тыс. лет назад);
- новый период (начало 1 тыс. лет до н. э. – середина XX в.);
- новейший период (середина XX в. – современность).

Процесс создания коллективно используемых геоданных сопровождался непрерывной геоинформационной оценкой занимаемой территории. Такая особая форма сознательного отношения к окружающему миру возникла с появлением вида *Homo sapiens* и поэтому ее хронологию целесообразно рассматривать с начала антропогенного периода. Периоды геоинформационной оценки природопользования характеризуются общим уровнем географических знаний в социуме, состоянием операций, процедур и методов, а также материальными результатами оценки. В то же время эти периоды определяются технологической преемственностью промежуточных действий и реализуют стратегическое направление развития деятельности – повышение точности оценки и обеспечение возможности хранения и передачи наибольшего объема информации о географической реальности.

В целом можно выделить всего пять периодов геоинформационной оценки природопользования (рис. 10).

**Топонимический период** является наиболее продолжительным периодом развития, начало его формирования мы связываем с появлением протоязыков на территории обособленных регионов Земли около 40 – 30 тыс. лет до н.э. [Иванов, 1990]. Возникновение звуковой речи была мотивировано необходимостью организации эффективного коллективного природопользования, что способствовало упорядочиванию сигнальной информации, циркулирующей как внутри первобытного сообщества, так и между соседями. Соответственно, именно в этот период произошла первая смена технологий коммуникации географических сведений – замена наглядно-образной жестикуляции на более экономичные артикулированные средства общения, каковые содержал звуковой язык.

Новая технология способствовала совмещению указательной и смысловой характеристики объектов коллективного природопользования и их наименованию. В итоге такого наименования на земной поверхности была организована система визуально определяемых объ-

ектов-ориентиров, локализованных на занимаемой территории с помощью нематериальных и социально передаваемых знаков – топонимов. Таким образом, впервые была создана искусственная система отсчета, приемлемая для всех членов коллектива и позволяющая создавать опосредованные идеальные модели занимаемого участка земного пространства. Телами отсчета топонимической системы являлись географические объекты (согласно иерархии), а маршруты между ними служили системообразующим каркасом.

Периоды	Хронология	Системы отсчёта	Средства оценки	Технологии оценки	Модели оценки
1. Топонимический	ок. 50 тыс. - 15 тыс. лет до н.э.	эгоцентрическая, топонимическая	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.	астрономическая, местная	измерительные приспособления и устройства	прикладные геометрические измерения при организации природопользования	чертежи, описания
3. Географический	V в. до н.э. - XV в.	геоцентрическая, географическая	навигационные устройства, шкалы и классификации	градусные измерения, картографирование, архивирование и систематизация геоданных	карты, портуланы, письменные труды
4. Геодезический	XVI в. - середина XX в.	гелиоцентрическая, геодезическая	оптико-механические приборы	триангуляция, гравиметрические измерения, атласное картографирование, аэросъемка	картографические проекции, эллипсоид вращения, аэроснимки
5. Геоинформационный	середина XX в. - современность	галактическая, геоцентрическая (искусственная)	ЭВМ, электронные и лазерные приборы, искусственные спутники Земли	геоинформационная технология, космосъемка, глобальное позиционирование	геоид, геоинформационное поле, геоизображения

Рис. 10. Развитие геоинформационной оценки природопользования

Формирование систем топонимии происходило в процессе этнической организации человеческих коллективов и характеризовалось их территориальной обособленностью и спецификой природопользования. Первичная система топонимов любого территориального ареала деятельности человека представляла набор ограниченного числа предикатов, характеризующих ландшафты, крупные элементы рельефа, гидрографии, почвенно-растительного покрова. Описание объекта давалось по наиболее выдающемуся наблюдаемому признаку либо по значению в жизнеобеспечении. Экономическая принадлежность территории закреплялась с помощью родовых топонимов.

При мобильном природопользовании, в культурах кочевых народов, важное место занимали сакральные центры занимаемой территории. Они использовались не только как места исполнения культовых обрядов, но и как наблюдаемые ориентиры при сезонных кочевках. Эти центры представляют собой, как правило, выдающиеся природные объекты, именованные божественными титулами либо названиями частей человеческого тела. Таким образом, любая система топонимии представляла собой закреплённую совокупность первичных знаний о занимаемой территории и являлась экспериментальным результатом долговременного обследования земной поверхности.

В целом этот период определяется значительным расширением географической среды и формированием родовых общин как пользователей ограниченной территории. Этому периоду также принадлежат первые материальные продукты геоинформационной оценки территории – наскальные рисунки. Семантика рисунка в этом случае коммуникации содержит определенное сообщение об общественно значимом событии (охота, стихийное бедствие и т.п.), а пространственная привязка осуществлена локализацией некоего объема информации на земной поверхности.

Главным результатом человеческой деятельности по геоинформационной оценке природопользования этого периода является возникновение геоданных, как новой материально-идеальной субстанции географической оболочки. Именно локализованный на земной поверхности, топоним как результат наблюдения, измерения и описания географического объекта представляет собой единицу геоданных, поскольку, с одной стороны, является частью объективного пространства, а с другой – продуктом человеческого сознания.

**Геометрический период** начинается в эпоху неолита, когда человеческие сообщества обособляются по культурно-хозяйственным особенностям на отдельные группы земледельцев, скотоводов и развитых охотников и рыболовов.

В этот период развития человек впервые закрепился на территориальном пространстве для оптимизации его использования. Переход к оседлости и возникновение земельных общин требовали экологических знаний о занимаемой территории при выборе места проживания, для организации интенсивного природопользования, а также для общей оценки территории как возобновляемого ресурса. Организация оседлого природопользования определила необходимость точного пространственного закрепления границ занимаемой территории, разработки технологий строительных и ирригационных работ, знания объективных размеров жизненно важных объектов и закономерностей их хронологического развития. Именно в этот период человек впервые поставил под свой контроль некоторые природные процессы и начал создавать стабильные геоструктуры жизнедеятельности.

Начавшееся одомашнивание животных привело к возникновению скотоводства, что способствовало закреплению родовых общин на земной поверхности, а также необходимости получения новых географических знаний о пространственном поведении животных, оценки территориальных параметров пастбищ, объема биомассы, сезонных ритмах состояния растительного покрова. В некоторых регионах Земли оседлости социума способствовало возникновение развитого рыболовства, что обусловило необходимость изучения и оценки прибрежных ландшафтов.

Первые земледельческие поселения относятся к 16-му тысячелетию до н. э. в Палестине и к 14–13-м тысячелетиям – в долине Нила [Алексеев, 1984]. Первые крупные рабовладельческие государства появились около 8–10 тыс. лет до н. э. у земледельческих народов Малой Азии, Египта, Двуречья, Северной Индии и Китая. Наиболее прогрессивной формой природопользования этого периода было орошаемое земледелие. Его организация требовала значительных людских и территориальных ресурсов, обширных геометрических знаний о занимаемой территории и пространственно-временных характеристиках ее развития. Эти условия предопределили организацию первых государств как регуляторов общественной деятельности при создании ирригационных систем, их геометрической инвентаризации, разработке специальных устройств для измерения почвенных слоев, подготовке специалистов и т.п.

Первые измерения земной поверхности имели прикладное значение и представляли собой элементарные геометрические операции. Средствами измерений служили специально обученные шагатели и измерительные приспособления, практические геометрические знания развивались из измерений объемов и поверхностей при земляных и строительных работах. В

Древнем Египте в качестве главных геометрических понятий и в то же время объектов измерений использовались «поле», «границы поля», «длина поля».

В начале периода появились первичные геометрические сведения, ставшие основой современной геометрии. Зачатками науки следует считать установление первых общих закономерностей соотношения объектов природопользования как обладающих постоянством форм и размеров геометрических величин. Самое раннее сочинение, содержащее описание геометрических операций, дошло до нас из Древнего Египта (московский папирус) и относится примерно к XX в. до н.э. [БСЭ, 1978], но и оно, несомненно, не первое. Геометрические сведения того периода были немногочисленны и излагались в виде правил, по-видимому, в большей мере эмпирического происхождения, логические же доказательства были еще очень примитивными.

По свидетельству греческих историков, геометрические знания были перенесены в Грецию из Египта в VII в. до н. э. Здесь на протяжении нескольких поколений геометрия складывалась в стройную систему. В процессе практического получения и использования геоанных для создания графических документов отвлечение от протяжения географических объектов привело к понятиям поверхности, линии и точки. Появились рассуждения о возможности масштабирования объектов географической реальности, возникло общее понятие о геометрической фигуре, под которой понимается не только тело, поверхность, линия или точка, но и любая их совокупность. При возведении построек и земляных работах вырабатывались правила организации геоструктур природопользования по прямым линиям и под прямыми углами.

Геометрический период заканчивается формированием прикладной геометрии как свода правил и примеров решения практических задач (измерение пирамид и т.п.). Большой вклад в это внесли философы Милетской школы, которые стояли у истоков греческой науки. Они ввели первую научную терминологию, Анаксимандр и Анаксимен выдвинули свои теории происхождения и устройства космоса, Фалес сформулировал доказывающую геометрию.

Главным результатом человеческой деятельности по геоинформационной оценке природопользования этого периода является разработка операций измерения земной поверхности и методики глазомерной съемки территории. Разработка системы геометрических фигур, как общих моделей географических объектов, позволила сформулировать правила их опосредованного преобразования и основы анализа пространственных отношений объектов природопользования. В этот период начинается формирование этносов и организация системы современных геополитических границ, их закрепление на местности и фиксирование в виде письменных документов.

Начало **географического периода** мы связываем с появлением в социуме осознания шарообразности планеты и возникновением планетарного мышления. Если египтяне и ассирийцы подходили к осмыслению окружающей действительности утилитарно (предсказание разливов Нила и нужды астрологии), то древние греки подошли философски к этой проблеме и сформулировали теорию о форме Земли и небесного свода, вращении небесных тел вокруг одного общего центра (Земли) и разработали необходимый для этого математический аппарат – тригонометрические функции и сферическую астрономию.

Предположение о шарообразности Земли впервые, по-видимому, было сделано Пифагором. В развитие этих представлений Гераклитом была высказана идея о вращении Земли вокруг своей оси. В 340 г. до н. э. в книге «О небе» Аристотель привел доказательства шарообразности Земли. В это же время геометрия окончательно оформилась в первую научную теорию. В частности, Евклид определил ее как науку о простейших пространственных формах и отношениях, развиваемых в логической последовательности, исходя из ясно сформулированных основных положений – аксиом.

Астрономы и математики Древней Греции в этот период установили понятие о географической широте и долготе места, ввели сетку меридианов и параллелей на картах, предложили первые методы определения взаимного положения точек земной поверхности из астрономических наблюдений. В частности, Птолемей разработал геоцентрическую систему мира, согласно которой Земля неподвижно покоится в центре мира, а все небесные светила движутся вокруг нее.

Первые географические идеи развивались в рамках структурно-организационной картины мира. Познавательные усилия ученых были направлены на описание ближайшего пространства, с целью представить окружающую территорию как упорядоченную целостность. Даже наиболее развитым народам были известны лишь небольшие участки земной поверхности. Теоретические представления имели отрывочный характер и находились под влиянием религиозно-мифологического мировоззрения. Фундаментальными научными задачами этого периода были: определение местоположения географических объектов на земной поверхности, описание их физико-географических характеристик и картографирование пространственных параметров. Соответственно, основными документами геоинформационной оценки территории того времени являются письменные описания участков земной поверхности и чертежи разного масштаба.

В период средневековья Земля из шара «превращается» в прямоугольник или диск. Однако идея единой картины мира и геоцентрическая система отсчета сохранялись в религиозных догмах миропонимания. В это время формируются национальные культуры, утверждаются идеологии мировых религий. Понятие пространства оставалось божественным, реальные пространства представляли множество открытых и описанных территорий. Основным содержанием развития средневековой географии был синтез античного наследия и христианской идеологии, адаптация античных географических идей и теорий с христианским вероучением.

Великие географические открытия произвели переворот в пространственном кругозоре человечества, дали возможность составить представление о соотношении материков и океанов и о земной поверхности в целом. С этого времени в социуме происходит перелом исключительно религиозного мировосприятия и начинается научное исследование действительности. В основе геоинформационной оценки географической оболочки этого периода была концепция описательного регионального страноведения, где пространство является универсальной формой упорядочения.

В конце этого периода в обществе начинается формирование современной системы знаний об окружающем мире, впервые создаются крупные массивы геоинформации в виде архивов и библиотек. В течение всего периода географическая карта является главным метрическим документом в процессе познания действительности и инвентаризации ее отдельных территорий. В 1490 г. немецким географом М. Бехаймом был создан первый глобус. В конце периода разрабатываются основы сравнительно-описательного и картографического методов исследования территории.

В целом географический период представляет процесс территориального расширения знаний о географической оболочке и формирования целостной картины земной поверхности.

Начало **геодезического периода** обусловлено утверждением гелиоцентрической системы мира и пониманием Земли как вращающегося космического тела. Основателем этой теории стал Н. Коперник, который использовал догадки Аристарха Самосского (310–250 гг. до н.э.) о том, что звезды и Солнце неподвижны, а также развил взгляды Н. Кузанского о бесконечности и вечности мира. В своей книге «Об обращении небесных сфер» (1543) Коперник впервые связал известные эмпирические зависимости движения наблюдаемых планет и Солнца в одно органическое целое и представил Землю как одну из планет этой системы [Субботин, 1968]. Развитие гелиоцентрической теории продолжил Д. Бруно, который отстаивал бесконечность Вселенной благодаря возможности и схожести бытия бесчисленных миров,



подобных нашему. Эти взгляды получили дальнейшее развитие в книге Г. Галилея «Диалог о двух главнейших системах мира» (1632).

В середине XVI в. голландский картограф Меркатор, критически пересмотрев имевшийся картографический материал, предложил новые, математически обоснованные принципы построения карт, в частности несколько картографических проекций, из которых наиболее известна цилиндрическая равноугольная проекция карты мира. Следующим достижением картографии этого времени можно считать создание Меркатором и Ортелиусом первых атласов Земли.

На рубеже XVII и XVIII вв. было выявлено гравитационное поле Земли и определены ее главные геофизические параметры. Впервые наиболее полно это было осознано английским ученым И. Ньютоном, который в 1687 г. в труде «Математические начала натуральной философии» сформулировал основы гравитации и численными методами доказал действие закона тяготения.

Исходя из этого закона и гипотез о внутреннем строении Земли, И. Ньютон и Х. Гюйгенс в начале XVIII в. теоретическим путем определили сжатие земного эллипсоида и получили сильно противоречивые результаты, вызвавшие сомнения в сплюснутости фигуры Земли и даже в обоснованности закона всемирного тяготения. В связи с этим в 1735 г. Парижской академией наук были направлены в Перу и Лапландию геодезические экспедиции, которые произвели градусные измерения, подтвердившие правильность идеи о сфероидичности Земли и доказавшие обоснованность закона всемирного тяготения.

Развитие современной геодезии и методов геодезических работ началось в начале XVII в., когда В. Снеллиусом были разработаны основы современной технологии триангуляции, превратившейся впоследствии в один из основных методов определения опорных геодезических пунктов для топографических съемок. К этому времени была изобретена зрительная труба, которая имела большое значение для геодезических работ.

Появление угломерного инструмента – теодолита и сочетание его со зрительной трубой, снабженной сеткой нитей, повысило точность угловых измерений, ставших важнейшей частью работ при триангуляции. В середине XVII в. был изобретен барометр, явившийся одним из инструментов для определения высоты точек земной поверхности. В это же время были разработаны графические методы топографической съемки, упростившие задачи составления топографических карт.

К середине XVIII в. были проведены первые исследования по теории фигуры Земли. Французский математик А. Клеро вывел линейное дифференциальное уравнение, связывающее плотность и сжатие внутренних сфероидальных слоев Земли. Эти исследования привели к открытию закона распределения силы тяжести на поверхности земного эллипсоида и установили связь изменения силы тяжести на земном сфероиде в зависимости от географической широты.

В конце XVIII в. во Франции П. Мешен и Ж. Деламбр измерили дугу меридиана от Дюнкерка до Барселоны для установления длины метра как 1:10000000 доли четверти меридиана и получили один из первых достоверных выводов о размерах земного эллипсоида.

В первой половине XIX в. К. Гаусс внес усовершенствования в методы измерения углов и впервые применил для дневных наблюдений гелиотроп, а также предложил принять за условную поверхность Земли уровенную поверхность потенциала силы тяжести, совпадающую со средним уровнем моря. В то же время Гаусс и Бессель разработали новые способы решения геодезической задачи на поверхности земного эллипсоида.

В 1837 г. В. Я. Струве, А. Н. Савич определили разности уровней Азовского и Каспийского морей. При этом отечественные ученые усовершенствовали метод геодезического нивелирования и разработали один из методов базисной полигонометрии. Для развития теорий и

методов геодезических и астрономических работ во всем мире выдающееся значение имела деятельность организованной в 1839 г. Пулковской астрономической обсерватории, которая вплоть до первой мировой войны являлась центром научного руководства геодезическими работами в России.

К середине XIX в. на основе градусных измерений был выполнен ряд определений размеров земного эллипсоида. Обнаружившиеся в этих выводах большие разногласия, не объяснимые ошибками измерений, вызвали дальнейшую разработку вопроса о фигуре Земли. Русский геодезист Ф. Ф. Шуберт в 1859 г. впервые высказал мысль о возможной трехосности Земли и определил размеры трехосного земного эллипсоида. Изучение этих разногласий показало, что фигура Земли имеет сложный вид и не может быть точно представлена какой-нибудь геометрической фигурой. Отсюда возникло понятие о геоиде, введенное немецким физиком Листингом в 1873 г., и наметились методы изучения фигуры геоида по результатам астрономо-геодезических и гравиметрических измерений.

В XIX в. и в течение первой половины XX в. работы по построению астрономо-геодезических сетей и гравиметрической съемке охватили значительные территории многих стран мира. Одновременно с этим продолжалось дальнейшее развитие теории геодезии и методов геодезических работ. К концу XIX в. определились принципы и методы обработки астрономо-геодезических сетей и вывода размеров земного эллипсоида из их обработки. С конца XIX в. методы геодезии стали использоваться для решения различных инженерных задач, а также для изучения движений земной коры и выяснения ее внутреннего строения. Со второй половины XX в. в общей геодезии началась дифференциация дисциплин и выделение узких направлений геодезических работ (инженерная геодезия, аэрофотогеодезия и др.). К середине XX в. для измерения расстояний начали применяться новые физико-технические методы, основанные на интерференции света и радиоволн.

В конце XIX столетия стали производиться точные инструментальные съемки на больших пространствах и издаваться современные топографические карты государств в различных масштабах. К середине XX столетия была полностью решена задача создания мелкомасштабной карты мира.

Буржуазные революции конца XVIII в. в Европе обусловили активное вовлечение природных ресурсов в промышленное производство, что стимулировало развитые страны к изучению и захвату новых территорий. Для координации географических открытий в этих странах создаются национальные географические общества. Успехи естествознания сыграли решающую роль в расшатывании метафизики и натурфилософских концепций. Произошло размежевание естественных наук на точное естествознание (физические науки), геологию и биологические науки. Ведущей общенаучной установкой этого периода признано естественнонаучное направление, а также концепция географического детерминизма. В естественных науках (геология, климатология, гидрология, геоморфология и др.) определился четко обозначенный объект и предмет исследования, а также свой комплекс методов. В прикладных интересах географии главным становится разведка природных ресурсов.

В этот период развивается атласное картографирование, систематизируются накопленные массивы геоинформации и создаются тематические базы данных. Впервые создаются закрепленные государственные геодезические сети и разрабатываются современные методы топографической съемки.

В целом геодезический период характеризуется исследованием и оценкой формы и размеров Земли, а также формированием современной теории естествознания.

Начало **геоинформационного периода** обусловлено появлением в середине XX в. ЭВМ на базе микропроцессорной технологии, позволяющих автоматизировать вычислительные операции и хранить значительные массивы геоинформации. Этому способствовал многолетний опыт исследований принципиальных возможностей кодирования, закрепления и трансляции сообщений различной природы происхождения посредством их формализации. Таким образом, от упорядочивания и унификации накопленных знаний человек смог приступить к их концептуальной организации в виде различных систем хранения и использования геоданных.

В начале этого периода произошло теоретическое осмысление картографии и были определены основные взгляды на методологию картографирования земной поверхности. В зависимости от аспекта рассмотрения карты этот механизм представлен либо как схема процесса картографической коммуникации [Kolacny, 1969; Ratajski, 1976; Лютый, 1988], либо как картографический метод познания [Берлянт; 1978, Салищев, 1982], либо как схема картографического моделирования [Асланикашвили, 1967, 1974; Тикунов, 1997].

Выход человека в Космос определил утверждение галактической системы отсчета в развитии Земли и обусловил активизацию деятельности по исследованию географической реальности с использованием данных дистанционного зондирования. Определение точной траектории искусственных спутников позволило провести ряд геофизических исследований, уточнить форму Земли, изучить ее сплюснутость, выявить неравномерность поля земного тяготения и распределение масс в земной коре.

Успехи физики, математики и биологии способствовали становлению таких общенаучных направлений как кибернетика и системный подход. В географических исследованиях начинают широко применяться методы математического и логического анализа. Существенно расширяется масштаб прикладных исследований. Активно идет дифференциация географии и формирование новых научных дисциплин о Земле.

Главное нововведение этого периода – разработка и внедрение геоинформационной технологии, позволяющей ограничение разнообразия свойств географической оболочки посредством их формализации в едином геоинформационном поле на основе геодезической системы координат. Эта технология способствовала объединению комплекса действий по регистрации геосвойств, их однозначной локализации и созданию различных моделей-заместителей, а также позволила снизить уровень субъективизма в географических исследованиях и обусловила междисциплинарную интеграцию процессов познания и оценки объектов и территорий земной поверхности. Связующей основой интеграции выступают геоданные, которые описываются универсальными математическими формулами и являются базовыми единицами для создания геоинформационных моделей различной иерархии. Основным техническим модулем геоинформационной технологии является проблемно-ориентированная геоинформационная система.

Первый крупный опыт реализации геоинформационной технологии – разработка и создание ГИС Канады в начале 60-х гг. Ее назначение состояло в анализе многочисленных данных, накопленных канадской службой земельного учета, а также в получении статистических данных о земле, которые использовались при разработке планов землеустройства огромных площадей преимущественно сельскохозяйственного назначения [Берлянт и др., 1994]. Создатели ГИС Канады разработали основы геоинформационной технологии: использование сканирования для автоматизации ввода геоданных; разложение картографической информации на тематические слои; разработка концептуального решения о таблицах атрибутивных данных, что позволило разделить файлы пространственной информации о местоположении объектов и файлы, содержащие тематическую информацию об этих объектах.

Большое влияние на развитие ГИС в период становления оказала Гарвардская лаборатория компьютерной графики и пространственного анализа Массачусетского технологического

института [Chrisman, 2007]. Программное обеспечение Гарвардской лаборатории широко распространялось и послужило базой для развития многих ГИС-приложений. В этой лаборатории были заложены основы картографической алгебры, создано семейство растровых программных средств.

В конце 60-х гг. геоинформационная технология впервые была применена в США на государственном уровне для обработки и представления данных переписи населения. Потребовалась методика, обеспечивающая корректную географическую привязку данных переписи. Алгоритмы обработки и представления картографических данных были заимствованы у разработчиков ГИС Канады и Гарвардской лаборатории. В этой разработке впервые был использован топологический подход к организации географической информации, основанный на математическом описании пространственных взаимосвязей между объектами [Де Мерс, 1999].

Развитие крупных геоинформационных проектов в 1970-е гг., поддерживаемых государством, определило этот период как время государственных инициатив по формированию национальных институтов в области ГИС, внедрению геоинформационной технологии в процесс принятия управленческих решений, а также способствовало снижению роли отдельных ученых и небольших групп и формированию крупных научно-исследовательских коллективов [Laurini, 1996].

В 1969 г. был основан ESRI как частная консалтинговая фирма, специализирующаяся на разработке территориальных проектов в строительстве и природопользовании. Оперативные методы обработки и анализа пространственной информации, а также успешные результаты решаемых задач позволили компании занять одно из ведущих мест в мире на рынке соответствующего программного обеспечения. В начале 1980-х гг. ESRI реализовал программный пакет ARC Info, который остается наиболее успешным воплощением идей о раздельном представлении геометрической и атрибутивной информации. Для хранения и работы с атрибутивной информацией в виде таблиц был успешно применен формат реляционной системы управления базами данных, а для хранения и работы с графическими объектами в виде дуг были разработаны специальные приложения.

Широкий рынок разнообразных программных средств, появившихся в 1980-е годы, развитие настольных ГИС, расширение области их применения за счет интеграции с базами непространственных данных, появление значительного числа непрофессиональных пользователей способствовало коммерческому развитию ГИС и широкой популярности во многих сферах человеческой деятельности. Это потребовало существенных наборов цифровых геоданных, а также наличия специалистов по ГИС.

Во второй половине XX в. ведущей установкой в географии становится восприятие мира как многомерного пространства со сложной системой связей и зависимостей. Базисными категориями такого пространства, составляющими основу географического мышления, становятся «пространство-место» и «территория-район». Обобщающими категориями теоретического фундамента географии стали: геопространство, место, регион, территория, местоположение, единство пространства и времени, устойчивость и изменчивость, географическая среда. Дополнение предмета географии четвертым измерением – временем дополнило систему категорий функционированием, динамикой, эволюцией. В настоящее время неотъемлемой частью научного мышления в географии становятся эволюционные концепции. Элементы историзма и эволюционизма приобретают основополагающее значение. Выводы об историческом возникновении и исчезновении, о чередовании состояний во времени находят все большее признание в научной мысли.

В этот период накопленный опыт картографирования природопользования оформился в универсальную научно-исследовательскую стратегию инвентаризационной и интерпретационной оценки природы, хозяйства и населения регионов Земли. В этом процессе выделяются

отдельные этапы: системного картографирования (1950–1970 гг.); проблемного картографирования (1960–1970 гг.); экологического картографирования (1980–1990 гг.); геоинформационного картографирования (1990-е гг.) [Батуев, 2003].

В настоящее время средствами геоинформационной оценки природопользования являются спутники Земли, как базовые тела искусственной геоцентрической системы отсчета, а также оптико-электронные и лазерные приборы, проблемно ориентированные программно-технические комплексы и экспертные системы. Внедрение систем глобального позиционирования позволило экономически оптимизировать операции геодезических измерений. В качестве моделей-заместителей географической реальности широко применяются геоинформационное поле и геоизображения.

С середины 90-х гг. прошлого века во многих государствах (США, Австралия, страны ЕЭС) стали создаваться национальные инфраструктуры пространственных данных. Этот процесс затрагивает все сферы человеческой деятельности, где используются координатные данные. В настоящее время эти инфраструктуры представляют собой государственные информационно-телекоммуникационные системы, обеспечивающие оперативный доступ к географической информации широких слоев общественности.

Таким образом, главной особенностью этого периода является техническая модернизация территориальной деятельности, которая определяется тремя фундаментальными инновациями: переходом к электронным средствам преобразования информации; минимизацией всех узлов, механизмов и приборов; созданием программно-управляемых устройств и процессов, а также систем искусственного интеллекта.

В целом геоинформационный период характеризуется формализацией накопленных геоданных, внедрением геоинформационной технологии во все виды пространственной деятельности, технологическим совершенствованием методов исследования, а также формированием крупных информационных систем централизованного хранения и использования геоинформации.

## **2.5. Научно-практическая деятельность по геоинформационной оценке природопользования**

Неотъемлемым условием процесса геоинформационной оценки природопользования являются действия по информационному преобразованию свойств земной поверхности и закреплению сведений и механизмов их получения в виде различных образцов и моделей поведения для последующего воспроизведения. При сохранении этих сведений в обществе накапливается знание – «селективная, упорядоченная, определенным способом (методом) полученная, в соответствии с какими-либо критериями (нормами) оформленная информация, имеющая социальное значение и признаваемая в качестве именно знания определенными социальными субъектами и обществом в целом» [Энциклопедия социологии, 2003]. Таким образом, знания представляют собой проверенный практикой и удостоверенный логикой результат познания действительности, отраженный в сознании человека в виде представлений, понятий, суждений и теорий.

Знания, описывающие отдельную информационную категорию географической реальности, ограничивают специфическую предметную область окружающего мира, объекты и закономерности которой отображаются определенным формальным языком. В совокупности деятельность по информационному преобразованию предметных областей и создаваемые при этом сведения формируют уникальную систему знаний, отображающую модель описываемой действительности. При геоинформационной оценке природопользования объектом деятельности является ограниченная территория как сегмент географической оболочки. Предметной областью является информационная категория как форма реальности, которая определяет

границы изучения объекта в конкретном исследовании. Следовательно, морфологическую структуру этой системы знаний определяют три главных **направления** научно-технического развития общества, характеризующие современный уровень познания каждой информационной категории. В основе дифференциации направлений лежит различие взаимодействия предметной области реальности и методов ее исследования (рис. 11).

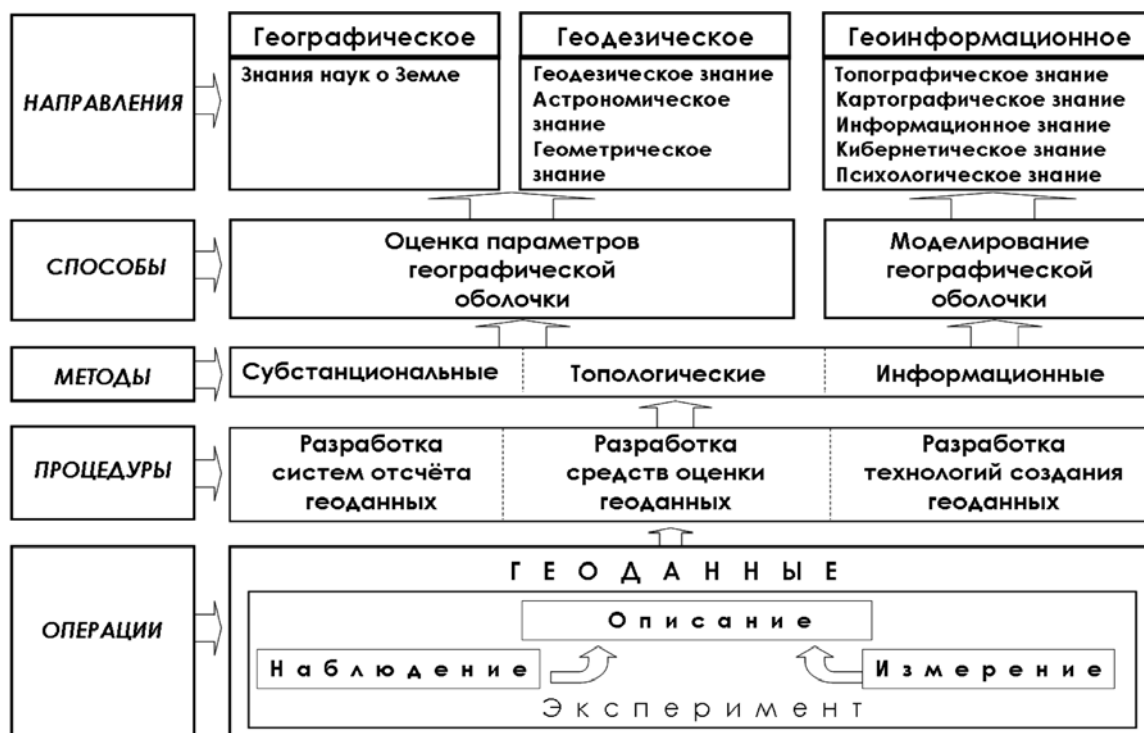


Рис. 11. Система знаний геоинформационной оценки природопользования

Каждое направление решает задачу познания одной информационной категории в общем процессе получения геоинформации, характеризуется спецификой процедур и методов, а также особенностями промежуточных и итоговых результатов геоинформационной оценки. Социальное развитие направлений сопровождается специфической организацией научно-исследовательских и производственных учреждений, а также обеспечено отраслевыми учебными заведениями. Направления образуют фундаментальные концепции создания геоинформации как продукта определенной человеческой деятельности и формируют предметные системы знаний. Методической основой направлений являются специальные научно-технические дисциплины.

Система наук **географического направления** сформировалась в ходе развития и дифференциации первоначально единой географии, которая была энциклопедическим сводом знаний о природе, населении и хозяйстве разных территорий. Трудовая деятельность людей была связана с освоением ресурсов природных ландшафтов, их образ жизни определял культурные ценности, где явно просматривалась зависимость человека от природных условий. Методической базой топографической географии был простой анализ распределения географических объектов на земной поверхности.

Процесс разделения труда привел к специализации познания отдельных компонентов географической среды (рельеф, климат, почва и др.), хозяйства (промышленность, сельское хозяйство и др.) и населения (национальный состав, миграции и др.), а также – к необходимости синтетического исследования территориальных сочетаний этих компонентов, т. е. природных и производственных комплексов. Таким образом, в географическом направлении выделились физико-географические и социально-экономические дисциплины. При единстве це-

ли у каждой географической дисциплины есть собственный объект исследования, который изучается различными методами, есть свои теоретическая и прикладная части. Каждая географическая дисциплина в теоретических выводах опирается на материалы территориальных исследований, проводимых полевыми и стационарными методами.

Формирование в среде географических наук географии природопользования как новой междисциплинарной области исследований способствовало интеграции ландшафтно-географической, инженерно-технологической и социально-экономической информации о географической оболочке в рамках изучения взаимодействия общества и природы [Ишмуратов, 1984].

Современные приборы и технологии, используемые при оценке и изучении земной поверхности, позволяют определить все познанные субстанциональные характеристики географических объектов и процессов, а также обеспечивают сбор и формализацию значительных массивов геоинформации. Для хранения и централизованного использования этих сведений создаются специализированные банки и базы данных, проблемная ориентация которых, в основном, определяется классификацией наук о Земле. Каждая научная дисциплина нацелена прежде всего на определение конкретных свойств географической оболочки, которые, будучи измеренными и территориально зафиксированными, облекаются в форму геоданных и служат сырьем для создания новых знаний (зонирование, стратиграфия и т.п.).

В **геодезическом направлении** системообразующей дисциплиной является геодезия – наука, занимающаяся изучением фигуры и размеров Земли. В основе принципов геодезии лежат действия по определению устройства географической оболочки и плано-высотной дискретности земной поверхности. Таким образом, геодезическое направление объединяет научные дисциплины, ориентированные на получение и использование пространственных параметров территорий и топологических отношений географических объектов. Главная задача этого направления – разработка теории фигуры планеты и построение опорных геодезических сетей, позволяющих определять положение точек на земной поверхности. В этом существенную роль играют измерения характеристик гравитационного поля Земли и изучение геодинамики, связывающие геодезию с геофизикой и астрономией.

Геодезические работы выполняются государственными службами и ведутся на трех уровнях. В первую очередь, это плано-высотная съемка местности для локализации точек земной поверхности относительно местных опорных пунктов в целях топографического картографирования территории. Следующий уровень включает проведение съемок в масштабах всей страны; при этом площадь и форма поверхности определяются по отношению к глобальной опорной сети с учетом кривизны земной поверхности. Наконец, в задачу высшей геодезии входит создание опорной сети для всех остальных видов геодезических работ, определение фигуры Земли и оценка ее гравитационного поля.

Оформление **геоинформационного направления** как самостоятельной области знаний о географической реальности произошло благодаря созданию электронно-вычислительных машин как материальных средств преобразования и формализации геоданных на базе микроэлектроники. В настоящее время электронное моделирование становится неотъемлемой частью интеллектуальной деятельности человечества. Сопоставление «электронного мозга» с человеческим привело к идее создания нейрокомпьютеров и географических экспертных систем.

Системообразующей дисциплиной этого направления является геоинформатика – научно-технический комплекс, объединяющий одноименную отрасль научного знания, технологию и прикладную деятельность, которые связаны со сбором, хранением, обработкой и отображением пространственных данных. Геоинформатика как косвенный способ изучения географической реальности развивается параллельно с собственно географическими исследованиями, а работа с данными натурных обследований в рамках географической науки перерас-

тает в работу с ними в рамках геоинформатики [Черкашин, 2006]. Существование двух аспектов познания географической реальности обуславливает необходимость решения важной задачи геоинформатики – разработки и обеспечения оптимального интерфейса между человеком и аппаратно-программными средствами создания и обработки геоданных.

Важной предпосылкой развития геоинформатики является изучение сущности интеллектуальной деятельности человека и воспроизводство отдельных актов этой деятельности в виде автоматизированных операций микропроцессорной техники. Базовыми актами этой деятельности являются: прием и обработка (идеальная формализация) сигналов географической оболочки; анализ и синтез разнородной информации; запоминание информации; передача информации во внешнюю среду.

Технические инновации геоинформатики материализуются и доходят до конечного пользователя в виде информационной технологии как совокупности вычислительной техники и программного обеспечения. Современное программное обеспечение позволяет автоматизировать интеллектуальные операции, преобразовав их в ряд автономных типовых функций обработки геоданных: математическое моделирование; аналитические и символьные преобразования; алгоритмизация; программирование; обработка текстовых и табличных геоданных; техническая графика; обработка изображений; хранение, передача и распределение геоданных и другие.

Таким образом, геоинформационная технология – это совокупность научно-технических знаний, решений, материалов и оборудования, которые используются при создании и использовании пространственно-координируемой информации. Базовым техническим модулем этой технологии является проблемно-ориентированная геоинформационная система (ГИС). Основной структурной единицей ГИС является геоинформационная модель территории географической оболочки. Интеграция субстанциональной и топологической моделей осуществляется посредством геоинформационного поля. Методологическим стержнем геоинформационной технологии является картографический метод исследования объективной реальности, поскольку именно с помощью языка карты осуществляется символьное кодирование и однозначное проекционное преобразование земной поверхности в геоинформационную модель.

Система знаний геоинформационной оценки природопользования является методологической основой отражения действительности и ее информационного преобразования. Она представляет собой иерархическую совокупность массивов метаданных, описывающих механизм практических и теоретических действий по познанию и оценке земного пространства. Операции решают задачи создания геоданных, процедуры обеспечивают их объективную параметризацию и закрепление в социуме, а также разработку наиболее эффективных технологий их создания и хранения. Методы решают задачи создания геоинформации как общественно полезного продукта (товара).

Связи между методами, процедурами и операциями объективированы состоянием научно-технического развития конкретного коллектива, общества и каждого отдельного члена, который подключается к нормативной системе путем обучения. Соответственно, система знаний характеризует три различных аспекта общественно-исторического развития геоинформационной оценки природопользования: объектно-предметный, методологически-исследовательский и практически-целевой. Связь между этими аспектами определяется последовательным нарастанием удельного веса субъекта.

Современное научно-техническое состояние общества является результатом исторического процесса познания объективной реальности. Расширение географической среды и разделение труда привели к возникновению системы соподчиненных действий по обследованию земной поверхности и способствовали формированию отдельных человеческих коллективов для реализации промежуточных действий. Этот процесс сопровождался появлением в социу-



ме технологических уровней деятельности и обусловил переход индивидуальных действий в **научно-практическую деятельность по геоинформационной оценке природопользования**, представляющую собой «специфически общественную форму активного отношения к окружающему миру, содержание которой составляет его целесообразное изменение и преобразование» [БСЭ,1978].

Мотивом деятельности по геоинформационной оценке природопользования является необходимость познания экологически важных объектов и их пространственных параметров на занимаемой территории для удовлетворения индивидуальных и коллективных потребностей (рис. 12).

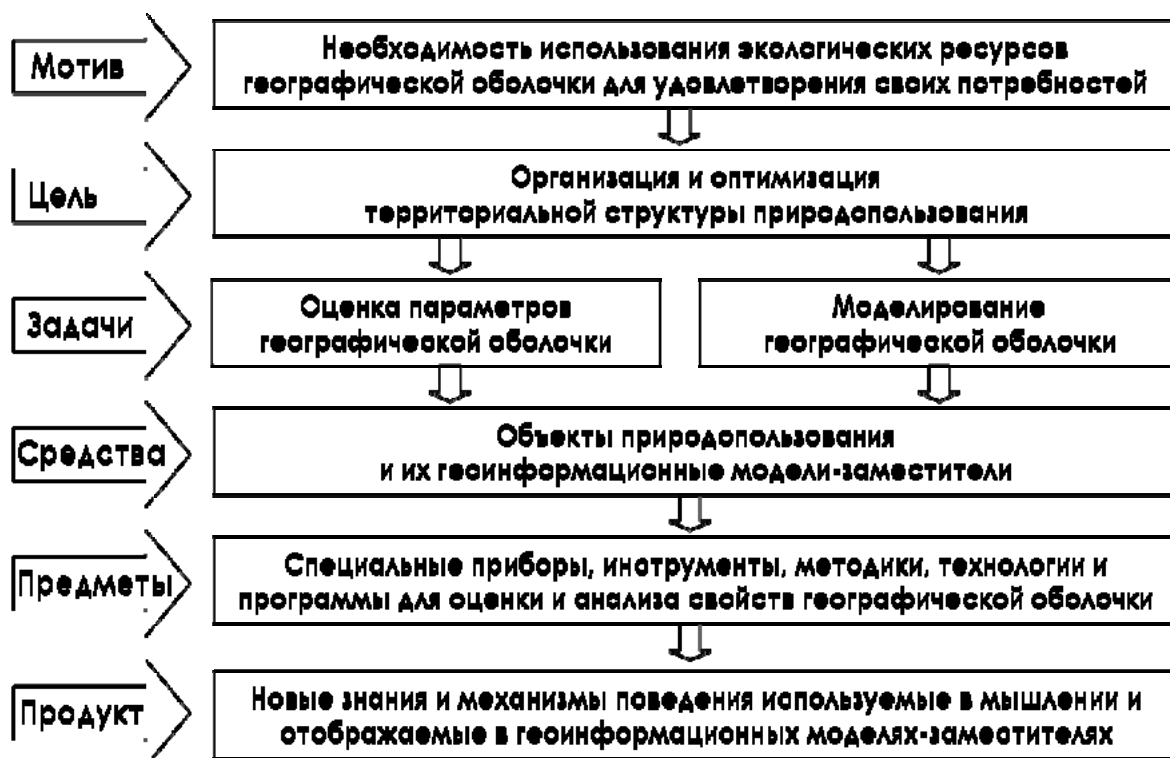


Рис. 12. Структура научно-практической деятельности по геоинформационной оценке природопользования

Цель этой деятельности – обеспечение организации и оптимизации территориальной структуры природопользования. Цель определяет две самостоятельные задачи, решаемые разными способами: оценка параметров природопользования и воспроизведение результатов этой оценки в виде адекватных моделей-заместителей, приемлемых для практического использования.

Средствами этой деятельности являются сознательно используемые объекты и ресурсы географической оболочки, природные и антропогенные территориальные образования, а также их модели-заместители.

Предметами деятельности служат материальные приборы и инструменты, методики и технологии для оценки и анализа физико-географических характеристик географической оболочки, а также виртуальные программные разработки.

Общественно полезным продуктом этой деятельности является геоинформация, реализуемая в новых знаниях, государственных и административных решениях, природохозяйственных и экономических мероприятиях и т. п. В идеальном виде – это фиксированные в мышлении модели отдельных субъектов, а также региональных, национальных и корпоративных коллективов, используемые при целеустремленном поведении. В материальном виде – это

различные параметрические и непараметрические модели-заместители и копии географической реальности.

Главным ограничителем логико-теоретических построений и материальных преобразований этой деятельности является сферическое устройство географической оболочки.

На протяжении истории существования человек прошел долгий путь развития геоинформационной оценки природопользования от примитивных измерительных устройств для выгодной организации своего хозяйства до глобальных космических систем, позволяющих фиксировать планетарные природные процессы и геоструктуры природопользования, тем самым осознавая и утверждая этот вид человеческой деятельности как необходимое условие развития социума на Земле. Именно благодаря этой деятельности социума, процесс природопользования постоянно обеспечен актуальной и надежной геоинформацией для принятия оптимальных решений.

### **III. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

#### **3.1. Системный подход к оценке регионального природопользования**

В общем смысле системный подход – это способ теоретического представления и воспроизведения объектов и процессов как систем. В центре внимания находится изучение не объекта как такового, а прежде всего его структуры, места и функций системообразующих элементов. Системный подход позволяет установить два основных аспекта технологии геоинформационной оценки природопользования – исследование геокомплексов как систем и их моделирование в геоинформационной системе.

В силу своей территориальной обусловленности природопользование всегда характеризуется региональным бытием и определяется совокупностью стереотипов использования и воспроизводства природных и социально-экономических ресурсов, объединенных принадлежностью к конкретной территории и служащих основанием образования локальных общностей людей [Ишмуратов и др., 2004].

Осуществляя природопользование, человек формирует географическую среду, которая в настоящее время представляет собой совокупность природных, антропогенно-природных, природно-антропогенных и антропогенных геосистем, объективно существующих в географической оболочке и обладающих определенной целостностью. Под целостностью понимается внутреннее единство геосистемы, ее обособленность от окружающей среды, специфика и уникальность. Каждая геосистема в той или иной степени выполняет определенные социально-экономические функции. Континуально-дискретное устройство географической среды проявляется наличием в ней иерархически соподчиненных, целостных, качественно отличающихся друг от друга участков земной поверхности – природных ландшафтов [Сочава, 1978].

Все геосистемы представляют собой реальные пространственные структуры и обладают объективными границами. Геосистемы локального уровня обособляются и формируются под преимущественным воздействием экзогенных факторов, геосистемы регионального уровня обособляются и формируются под равносильным совокупным воздействием эндогенных и экзогенных факторов. Каждой категории размерности геосистем свойственны свои масштабы и организация. Кроме длины и массы основным показателем размерности является время, определяющее три аспекта развития геосистем: эволюция, динамика и стабилизирующая динамика.

Многочисленные проявления мобильности геосистем в пределах одной возрастной ступени составляют сущность их развития. Именно геосистемы предоставляют пространство для существования отдельных природных и антропогенных объектов и для человеческой деятельности в целом, а также определяют специфику того или иного типа регионального природопользования. На территории одной геосистемы, как правило, одновременно развивается несколько типов природопользования, создавая сложноорганизованную природно-антропогенную систему. Таким образом, предметная область геоинформационной оценки территории отражает процесс эволюции геосистем, их качественно-количественные изменения, пространственно-временную организацию. Вполне очевидно, что именно геосистемы, на территории которых осуществляется природопользование, – первоочередной объект оценки, исследования и мониторинга. Развитие таких геосистем целесообразно рассматривать как процесс функционирования системы природопользования (рис. 13).

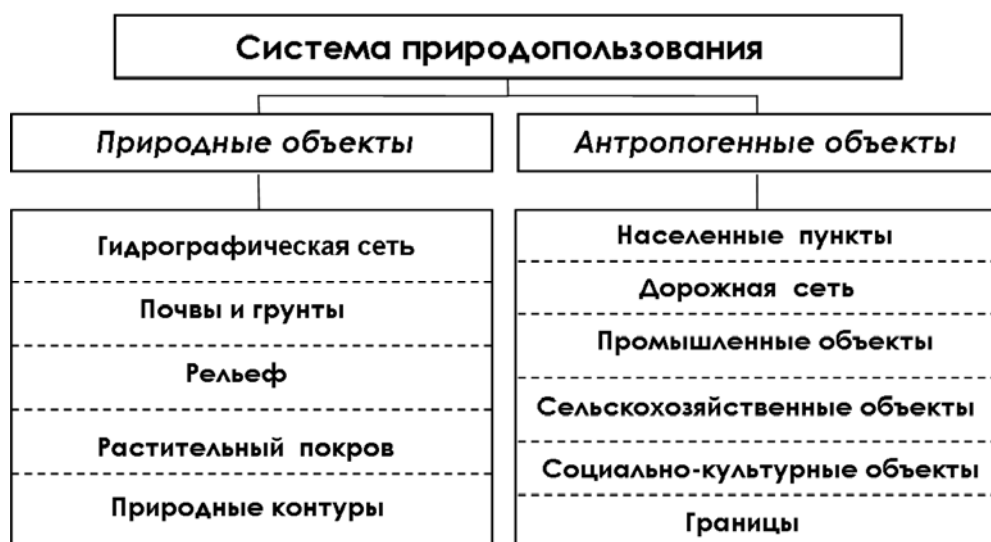


Рис. 13. Система природопользования

Система природопользования – это ограниченный вещественно-энергетический комплекс природных и антропогенных образований, объединенный прямыми и обратными связями своих объектов и обладающий целесообразной структурой и функциональностью. Целостность системы характеризуется помимо внутренних наличием и внешних связей с другими системами и окружающей средой. В формировании и функционировании системы природопользования определяющую роль играет закон внутреннего динамического равновесия при наличии антропогенной составляющей.

Система природопользования состоит из объектов природопользования. Объекты природопользования образуют классы и типы. Каждый объект природопользования на данный момент характеризуется определенным физико-географическим состоянием. Границы объектов природопользования могут не совпадать с ландшафтными, но последние изначально являются структурным основанием системы, образуя территорию как сегмент географической оболочки Земли. Динамика системы природопользования фиксируется изменением пространственного положения и качественно-количественного состояния ее объектов. Временные масштабы этих процессов различны. Управление системой природопользования заключается в определении оптимальных границ, пропорций, ритмов и способов использования ее объектов на основе выявленных пространственно-временных закономерностей.

Необходимость создания универсальной геоинформационной системы (ГИС) для оценки территории при организации структур природопользования вызвана сложностью и многооперационностью процесса исследования, заключающегося в накоплении и формализации значительных массивов пространственно-временных геоданных, их анализе, оценке и создании новой геоинформации. При накоплении значительного объема геоданных в смежных областях знаний и необходимости решения новых задач возникает проблема совместного использования этих геоданных и, следовательно, возникает интеграция знаний. Интеграция означает, что помимо бесконечно больших массивов геоданных имеется некая концепция и методология, оптимально объединяющая разнообразие данных, технологий их обработки и аналитических алгоритмов.

Современные геоинформационные системы представляют собой новый тип интегрированных информационных систем, которые, с одной стороны, включают методы обработки данных многих ранее существовавших автоматизированных систем, с другой – обладают пространственно-метрической спецификой организации и обработки данных. Эта особенность определяет ГИС как многоцелевые и многоаспектные системы. Таким образом, ГИС – это автоматизированная информационная система, предназначенная для обработки простран-

ственно-временных данных, основой интеграции которых служат географические данные. Технологию процессов обработки геоданных составляет моделирование развития пространственно-определенных объектов в едином геоинформационном поле. Главная задача такой системы – непрерывная геоинформационная оценка пространственного и содержательного развития процесса природопользования на конкретной территории во взаимосвязи с экологической оценкой последствий этого развития. Конечная цель системы – разработка универсальных моделей и типовых геоинформационных запросов развития объектов природопользования, целевое назначение и принципы создания которых формируются под влиянием требований пользователей. Необходимость создания геоинформационной системы также обусловлена включением в процесс исследования ряда технических и программных средств, а также средств оперативного издания карт.

Специфика геоинформационной технологии определяет необходимость соответствующей классификации объектов природопользования для формализации в геоинформационном поле. Такая классификация включает разделение географических объектов на топологические единицы – графические примитивы (рис. 14).



Рис. 14. Пример технологической классификации объекта природопользования

Для реализации геоинформационной оценки природопользования создается геоинформационная система природопользования бассейна озера Байкал (ГИСП), состоящая из четырех открытых подсистем (рис. 15).

Основу информационной подсистемы составляют разновременные цифровые покрытия, аэрокосмическая, статистическая, литературная информация и фотографические материалы. Информационная подсистема решает задачи накопления, структурирования, хранения и обновления первичной пространственно-временной информации на электронных носителях.

Технологическая подсистема состоит из методики автоматизированного использования разновременных геоданных различных типов и форматов и технических и программных средств, необходимых для компьютерной оценки территории. Она обеспечивает надежное функционирование всех операций геоинформационного исследования процесса природополь-

зования региона и представлена необходимыми техническими и программными средствами, обслуживается квалифицированным персоналом, обеспечивающим ввод, обработку, анализ и хранение пространственной и атрибутивной информации, и соединена локальной сетью. Рабочая станция одновременно является сервером информации. Наличие в подсистеме приемника системы глобального позиционирования (GPS) обеспечивает возможность съемки координат объектов непосредственно в поле с последующим конвертированием в Arc GIS. Подсистема обеспечивает возможность как интерактивной работы пользователя в режиме запроса, так и малотиражную печать информации в любом виде.



Рис. 15. Геоинформационная система природопользования

Семиотическая подсистема состоит из методики геоинформационного оформления карт и таблиц информативности цветов и графознаков. Главная задача этой подсистемы заключается в адекватном отображении развития географической оболочки в геоинформационных моделях-заместителях на основе законов синтактики, семантики и прагматики.

Аналитическую подсистему представляют методология геоинформационного картографирования, система геоинформационных запросов, а также система геоинформационных моделей процесса природопользования. Она решает задачи обработки геоданных, анализа и получения новой геоинформации. Материальная реализация результатов геоинформационной оценки природопользования осуществляется посредством картографических моделей. При таком подходе серии аналитических карт выступают как модели элементов геосистем, синтетические карты – как модели взаимодействия геосистем, карты динамики – как модели функционирования геосистем.

### 3.2. Информационное обеспечение оценки природопользования

В современных условиях при оценке любых географических объектов, процессов или территорий субъект использует имеющуюся косвенную геоинформацию, а также создает собственную прямую геоинформацию в результате полевых обследований, натурных наблюдений и т.п. Спецификой такого интеграционного подхода является итоговая многовариантность типов и способов представления информации об исследуемых объектах и законах их развития. Это могут быть тексты, числовые данные, карты, математические уравнения и др. Каждая форма описания объекта или процесса является ограниченной и поэтому упрощенной характеристикой аналога. В этом смысле любая форма отображения сведений о реальном мире мо-

жет быть названа информационной моделью. Основным признаком классификации таких моделей является тип носителя информации о предмете исследования. Таким образом, все многообразие физико-географических, социальных, экономических и других сведений о пространственно-определенных объектах можно представить в виде ограниченного числа информационных моделей.

Все типы информационных моделей по точности представления геоданных делятся на параметрические и непараметрические модели. Параметризация становится необходимой при переходе к количественному описанию состояния объектов. Четкое определение смыслового содержания вводимых параметров и способов определения (измерения) их значений существенно повышает строгость модельных построений. Число и характер рассматриваемых переменных задают метрику контролируемого в рамках координатной модели объекта. Вводимые параметры могут быть количественными и качественными. Количественные характеристики могут изменяться непрерывно и дискретно, качественные – только дискретно. Значения количественных переменных сравнимы между собой по величине. Значения качественных переменных – просто различны.

Среди источников, используемых в геоинформационной технологии, наиболее часто привлекаются картографические, статистические и аэрокосмические. Реже используются данные полевых наблюдений, литературные источники и субъективные знания экспертов. Тип источника объединяет однородное множество исходных данных, которые различаются по комплексу реальных и виртуальных характеристик. Важнейшей такой характеристикой является форма цифровая или аналоговая, в которой получается, хранится и используется тип конкретных геоданных. От этого зависит точность и стоимость ввода либо формализации этих данных. Важной характеристикой формализованной геоинформации является формат хранения и отображения. Программное обеспечение геоинформационной технологии поддерживает отображение множества типов данных, основными из которых являются векторные, растровые и табличные. Внутри каждого из этих типов существует множество специальных форматов.

При геоинформационной оценке территории базовыми документами являются топографические карты, формализованные посредством оцифровки в векторный формат. Как правило, отдельные субъекты и коллективы в течение длительного времени выполняют геоинформационную оценку одной и той же территории, варьируя цели и задачи оценки. В результате этого процесса создаются различные тематические карты, базы данных, проблемно ориентированные геоинформационные системы. В современной научной литературе нет недостатка в освещении методик создания и характеристик этих работ.

В нашем исследовании мы хотели бы более подробно остановиться на таких важных документах информационного обеспечения, как ретроспективные топографические карты, которые представляют собой разновременные модели физико-географического состояния территории и которые являются исходной информацией для оценки и исследования процесса освоения природных ландшафтов [Тулохонов и др., 2007]. Именно карта выступает первичным инструментом оценки хозяйственного преобразования территории, так как, еще не имея физических и химических анализов, человек начал фиксировать динамику географической среды с помощью языка карты. Топографические карты создаются уже более двухсот лет в единых картографических проекциях и системах координат и являются важной метрической базой мониторинга регионального природопользования.

Для оценки пригодности ретроспективных топографических карт как источников геоинформационных ресурсов был выполнен комплексный анализ комплекта карт масштаба 1 : 84 000, издания 1896–1914 гг., покрывающих территорию трансграничного Прибайкалья и Забайкалья [Бешенцев, 2000] (рис. 16).

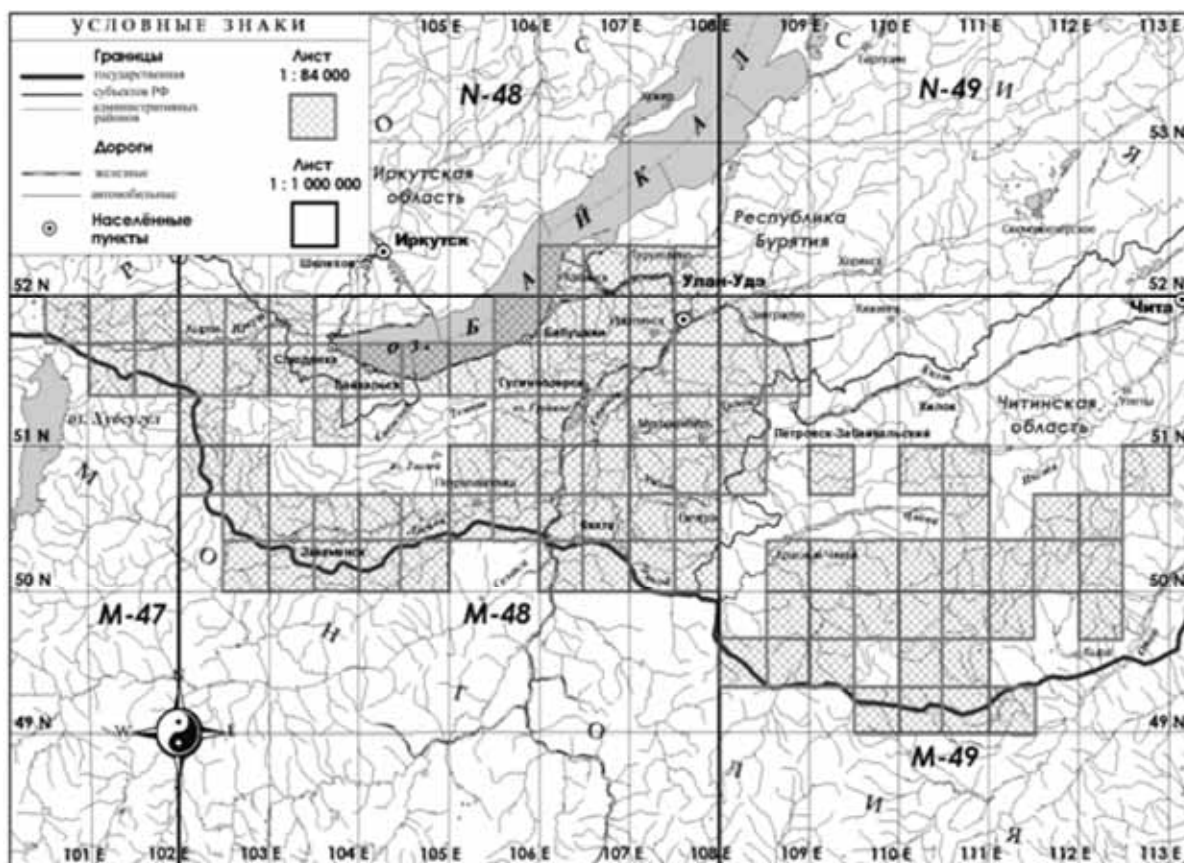


Рис. 16. Покрытие листов карт

Анализ заключался в установлении происхождения этих карт, достоверности, полноты содержания и точности. На основании анализа была произведена оценка пригодности этих документов как источников геоинформационных ресурсов для мониторинга регионального природопользования.

Предпосылкой создания анализируемых карт явилась необходимость крупномасштабного картографирования малоосвоенных трансграничных территорий России. С 1877 г. по решению правительства России Корпус военных топографов сосредоточил усилия на точных топосъемках полуверстного масштаба, а с 1907 г. – на двухверстных съемках в пограничных районах Сибири и на Дальнем Востоке [Салищев, 1980]. Карты масштаба 2 версты в 1 дюйме (1 : 84 000) составлены в поперечно-цилиндрической проекции Гаусса в шестиградусной зоне по двум ориентировкам на эллипсоиде Бесселя и отпечатаны литографским способом (рис. 17).

Геодезической основой карт является сеть опорных тригонометрических пунктов, полученная методом триангуляции, основной способ съемки – засечки с построением изображения непосредственно в поле на мензуле. При крайней разреженности триангуляции местное геодезическое обоснование создавалось в виде системы инструментальных ходов по главным рекам и дорогам.

Территория вдоль инструментальных ходов снималась в виде полосы шириной от 2 до 5 км, участки между полосами съемки картографировались глазомерно [Постников, 1985]. Для уточнения привязки природных и социально-экономических объектов использовались планы генерального межевания начала XIX в. Карты отображают и характеризуют все топографические объекты территории и предназначены для ориентирования войск на местности, их передвижения и ведения боевых действий.



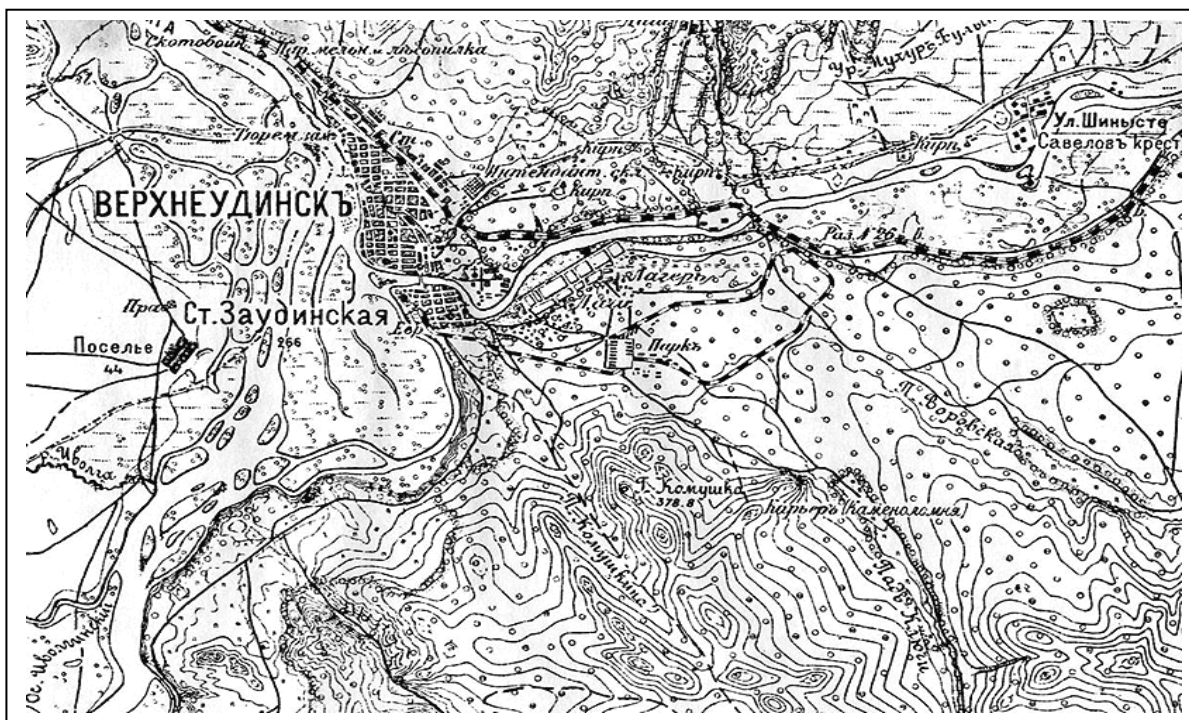


Рис. 17. Фрагмент листа карты

Анализ достоверности и полноты содержания карт был выполнен совместно с изучением географической литературы, картографических материалов и статистических источников начала XX в. На отдельных, наиболее динамичных участках географической среды (дельта р. Селенги, селитебные территории и т.п.) были выполнены полевые обследования, проведены опросы местных жителей.

Для определения приемов составления и принципов генерализации применялся способ сравнения ретроспективной карты со сходной по назначению современной картой. В качестве сравниваемой были использованы листы карты масштаба 1 : 100 000, созданной Генеральным штабом в 1989 г. Сравнительный анализ исследуемых карт позволяет сказать, что отбор элементов их содержания, принятые классификации, цензы и нормы генерализации, выбранные способы изображения, соотношение элементов содержания и общий объем информации позволяют решать по ним задачи в соответствии с назначением. При наличии отдельных ошибок принятые приемы генерализации позволили авторам сохранить типичные особенности картографируемой территории и отобразить взаимную согласованность элементов содержания. Правильное отображение принятых классификаций картографируемых объектов достигнуто выделением в содержании логических смысловых групп и закреплением за ними определенных графознаков.

Для анализа геометрической точности исследуемых карт несколько листов были векторизованы в среде ГИС на базе пакета Arc GIS в виде отдельных слоев и конвертированы в исходную картографическую проекцию. Аналогичные действия были выполнены с листами современной топографической карты той же номенклатуры. С помощью оверлейных операций было произведено совмещение разновременных слоев и выполнена оценка величин их плано-высотного несоответствия.

Оценка точности основывалась на регистрации изменения плановых и высотных координат положения твердых (однозначно установленных на разновременных топоосновах) точек земной поверхности. Результаты оценки позволили выявить среднеквадратические ошибки планового положения в масштабе карты для: тригонометрических пунктов – до 2 мм; речной сети – до 5 мм; дорожной сети – до 4 мм; населенных пунктов – до 3 мм; контуров – до 4

мм; высотных отметок – до 5 мм. Необходимо отметить, что величина ошибки возрастает по мере удаления объекта от главной реки или дороги, по которым проходил съемочный ход. Была выполнена также оценка измерения площадей и выявлены ошибки в положениях горизонталей по высоте и в заложениях между ними. Таким образом, проведенный анализ позволил выявить относительно низкую и различную точность математической основы ретроспективных топографических карт.

На основании комплексного анализа оцениваемых источников можно говорить о возможности их использования при создании геоинформационных ресурсов. Этому способствуют единая картографическая проекция, единство картографируемых объектов и их характеристик, сходство принятых классификаций, преемственность методов составления и принципов генерализации. Исследуемые карты являются высокоинформативными документами и подробно и достоверно отображают физико-географическое состояние и систему природопользования территории в начале XX в. Они являются важными метрическими документами при оценке антропогенного преобразования природных ландшафтов, поскольку фиксируют состояние земной поверхности в период строительства Транссибирской железной дороги и являются основным материалом при исследованиях воздействия магистрали на географическую среду региона. Они отображают также предреволюционное природопользование территории и позволяют создавать карты-реконструкции системы адаптивного природопользования. Таким образом, было установлено, что единственной проблемой при использовании ретроспективных картографических материалов, как источников информационных ресурсов, является наличие геометрических искажений топографической основы.

Для решения проблемы точности ретроспективных карт, в среде ГИСП была разработана **методика геометрической коррекции** [Бешенцев и др., 2000], представляющая собой совокупность последовательных технологических операций исправления ретроспективных векторных слоев на основе ряда геометрических преобразований сети регистрационных точек. Регистрационные точки представляют собой картографируемые точечные объекты либо пересечения линейных объектов однозначно установленные на современной и ретроспективной топоосновах.

Привязка листов карт осуществляется на основании параметров установленной картографической проекции по углам рамок съемочной трапеции, являющихся пересечениями меридианов и параллелей. Для каждого листа формируется массив регистрационных точек, в качестве которых поочередно были использованы геодезические пункты, отметки высот, центры населенных пунктов, устья рек, пересечения дорог, культовые объекты. В результате аффинного преобразования различных вариантов сети регистрационных точек выполняется координатная трансформация ретроспективных векторных слоев.

Было установлено, что наименьшую ошибку планового положения объектов дает преобразование по устьям рек. На листах с хорошо развитой речной сетью среднеквадратическая ошибка планового положения объектов уменьшалась до 0,2 мм, а вблизи регистрационных точек было полное совмещение. На листах с бедной речной сетью вблизи регистрационных точек ошибка увеличивалась до 0,5 мм, а на отдаленных участках составляла 1 мм. На обжитых территориях с развитой дорожной сетью в качестве регистрационных точек целесообразно использовать пересечения дорог. В этом случае среднеквадратическая ошибка планового положения объектов снижается до 0,2 мм. Для необжитых территорий с преобладанием низкогогорного рельефа в качестве регистрационных точек целесообразно использовать отметки высот, но в этом случае ошибку удастся снизить лишь до 1 мм.

Для последующей коррекции на ретроспективной топооснове вновь указываются координаты положения регистрационных точек и выполняется координатная трансформация посредством алгоритма «резиновый лист». В этом случае исправление геометрических искаже-

ний 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. Например, располагать точки равномерно по листу либо неравномерно, выбирать точки, относящиеся к разным объектам, и т.п.

Таким образом, в результате геометрической коррекции векторных слоев нами была решена задача совместимости пространственно-геометрических характеристик разновременных карт. В целом процесс автоматизации ретроспективных карт выглядит следующим образом (рис. 18).

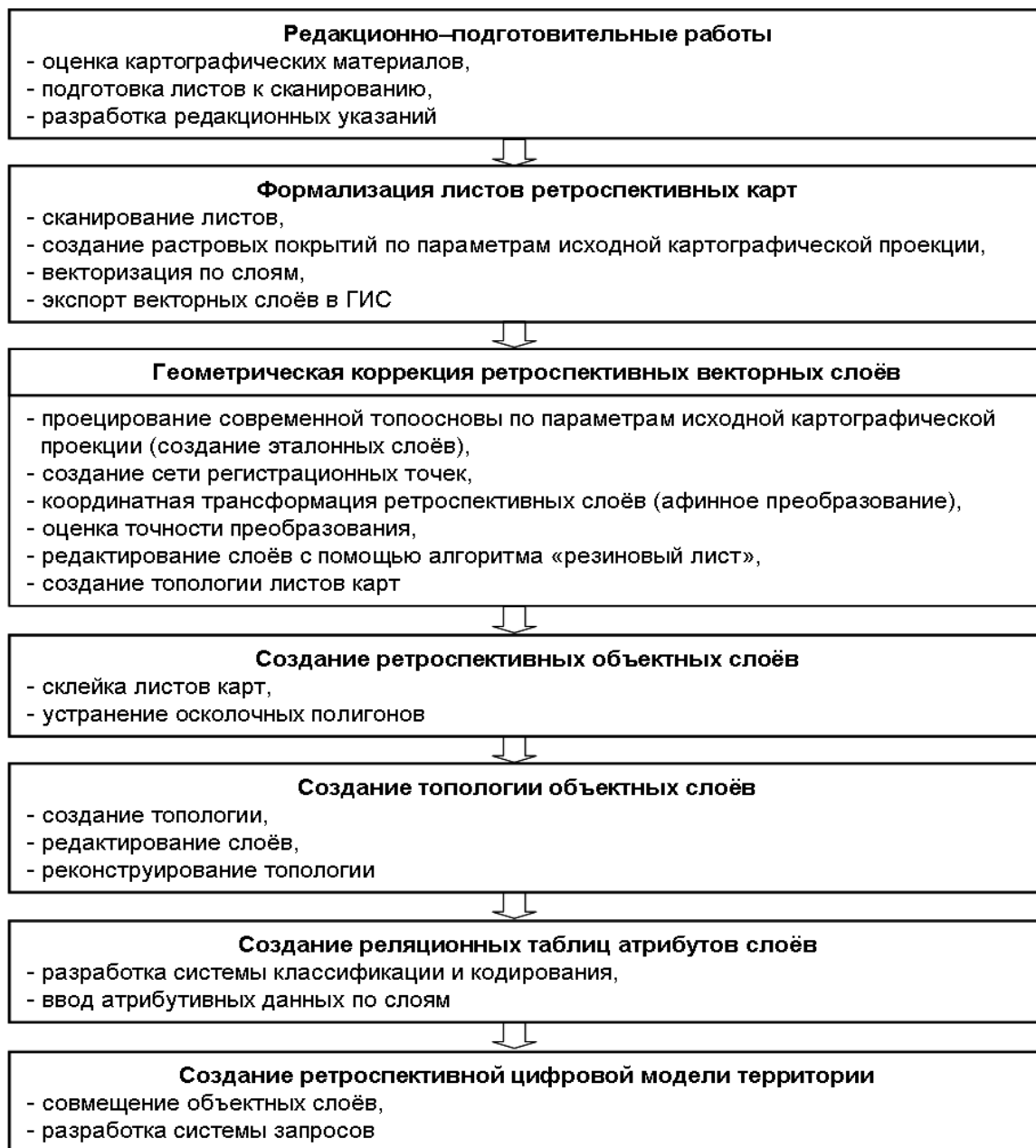


Рис. 18. Методика создания геоинформационных ресурсов на основе ретроспективных топографических карт

В результате формализации карт можно говорить о создании геоинформационного ресурса, представляющего собой совокупность ретроспективных векторных слоев (shp – файлы) и однозначных таблиц атрибутов (dbf – таблицы), размещенных в среде Arc GIS в виде отдельного массива информационной подсистемы ГИСП.

Для совместного использования ретроспективных и современных объектных слоев на основе классификатора Роскартографии для цифровых топографических карт разработана система классификации и кодирования разновременных геоданных. Она представляет собой унифицированную легенду топографических объектов, определяет однозначное соответствие каждого объекта и его атрибута и описывает семантическую сторону геоинформационного ресурса. Главной функциональной задачей этой системы является однозначная идентификация каждого моделируемого объекта для эффективного поиска в информационном массиве.

### 3.3. Технологическое обеспечение геоинформационной оценки природопользования

В современной геоинформационной технологии используется наиболее объективная форма представления географической информации – векторные изображения. Векторный формат представления данных оптимально подходит для локализации сведений с высокой точностью координатной привязки. В основе векторного изображения лежат элементарные графические примитивы: точка, линия, полигон. Каждый примитив характеризуется набором параметров: тип векторного объекта, размер, координаты базовых точек. Важная и трудоемкая задача – векторизация разноформатных геоданных, унификация и разработка информационных концепций их организации и хранения.

Процесс векторизации представляет собой замену совокупностей растровых точек на векторные примитивы, являющиеся их геометрическими аналогами. Основные цели векторизации – минимизация числа векторных примитивов; расслоение изображения по его тематическому содержанию; введение атрибутивной информации для графических примитивов; построение корректной топологической структуры информации, соответствующей требованиям конечной ГИС.

На данном этапе развития общества наиболее совершенным «заместителем» географической оболочки Земли является геоинформационное поле, представляющее собой определенную геодезическими измерениями векторную модель земного геоида, формализованную с помощью определенной картографической проекции. Как геометрическая модель объективно существующей реальности, геоинформационное поле непрерывно, имеет свои метрические параметры и является точной описательной моделью.

Каждый объект (точка) геоинформационного поля определяется однозначными числовыми величинами земного геоида: локализация планово-высотными координатами, ориентировка относительно сторон света и уклон относительно нормали силы тяжести. Совокупности точек геоинформационного поля организованы в материальные векторные модели, выражены графическими примитивами и представляют собой отдельные объекты природопользования. Каждая точка геоинформационного поля в определенное время (Т) имеет геодезические координаты (X, Y, H) и субстанциональную сущность (K) (табл. 2).

Таблица 2

Координаты точки геоинформационного поля

Время	T <sub>1</sub>	ΔT	T <sub>2</sub>
<b>Статика</b>	X, Y, H, K		
<b>Пространственная динамика</b>	X <sub>1</sub> , Y <sub>1</sub> , H <sub>1</sub> , K <sub>1</sub>	ΔX, ΔY, ΔH / f (T), K = const	X <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , K <sub>2</sub>
<b>Субстанциональная динамика</b>	X <sub>1</sub> , Y <sub>1</sub> , H <sub>1</sub> , K <sub>1</sub>	X, Y, H = const, ΔK / f (T)	X <sub>1</sub> , Y <sub>1</sub> , H <sub>1</sub> , K <sub>2</sub>

Математическая основа поля состоит из отдельных математических элементов – масштаба и картографической проекции. Уникальность поля состоит в его полимасштабности – характеристики, определяющей степень искажения используемой картографической проекции, а следовательно, и единовременную точность самого поля. Поскольку главный масштаб геоинформационного поля изменяется в пределах  $1:1 - \infty$ , в качестве таксономической единицы геоинформационной оценки географических объектов целесообразно использовать территорию – любую совокупность точек геоинформационного поля, единовременно локализованных для формирования координатных моделей. Как объект геоинформационной оценки и моделирования, территория представляет собой сегмент единого геоинформационного поля, в пределах которого условно частные масштабы длин и площадей равны главному масштабу.

Статическое состояние объектов природопользования оценивается в пределах исследуемой территории основными морфометрическими показателями. Динамика объектов природопользования определяется изменениями пространственного положения и субстанциональной сущности за определенный промежуток времени. При пространственной динамике время выступает в качестве хронологического показателя, отображая порядок перемещения точки поля в виде последовательных значений конкретных величин изменения. При субстанциональной динамике время является хронометрическим показателем, поскольку фиксирует изменение качественных и количественных характеристик статичной точки. Геоинформационное моделирование территории заключается в построении и анализе моделей системы природопользования, определении качественного и количественного состояния объектов, внутренних и внешних связей, иерархии, динамики в координатах земного геоида на основе метрической системы отсчета.

Являясь принадлежностью конкретной территории, геоинформация о развитии любого объекта природопользования может быть оценена лишь по определенным точкам или в пределах определенных природных или антропогенных границ этого пространства. Если стоит задача оценки природопользования конкретной территории (геосистема, административный район и т.п.), то используются геоданные о всех объектах природопользования, ограниченных данной территорией. Если же исследователя интересует развитие отдельных процессов природопользования (распаханность, селитьба и т.п.), то используются геоданные, относящиеся к исследуемому предмету. Например, при оценке роста численности населения в населенных пунктах геоданные оцениваются в точках локализации этих населенных пунктов, а при оценке изменения плотности населения геоданные оцениваются в пределах административных единиц. Таким образом, геоинформационная оценка объектов и процессов географической оболочки всегда регламентирована пространственными критериями территориального исследования, которые определяются исходя из целей и задач оценки.

В качестве пространственных критериев геоинформационной оценки природопользования используются отдельные тематические слои как модели организации географической оболочки: административно-территориального деления, бассейны рек, ландшафты, почвы, а также различные регулярные и нерегулярные сети геометрических ячеек. Пространственные критерии геоинформационной оценки ограничивают массивы данных и позволяют выделить региональные и локальные пространственно-временные структуры процесса природопользования из огромного объема данных с более низким уровнем территориальной организации.

В результате последовательных оверлейных операций над тематическими слоями создается универсальное рабочее покрытие для геоинформационной оценки природопользования (рис. 19).

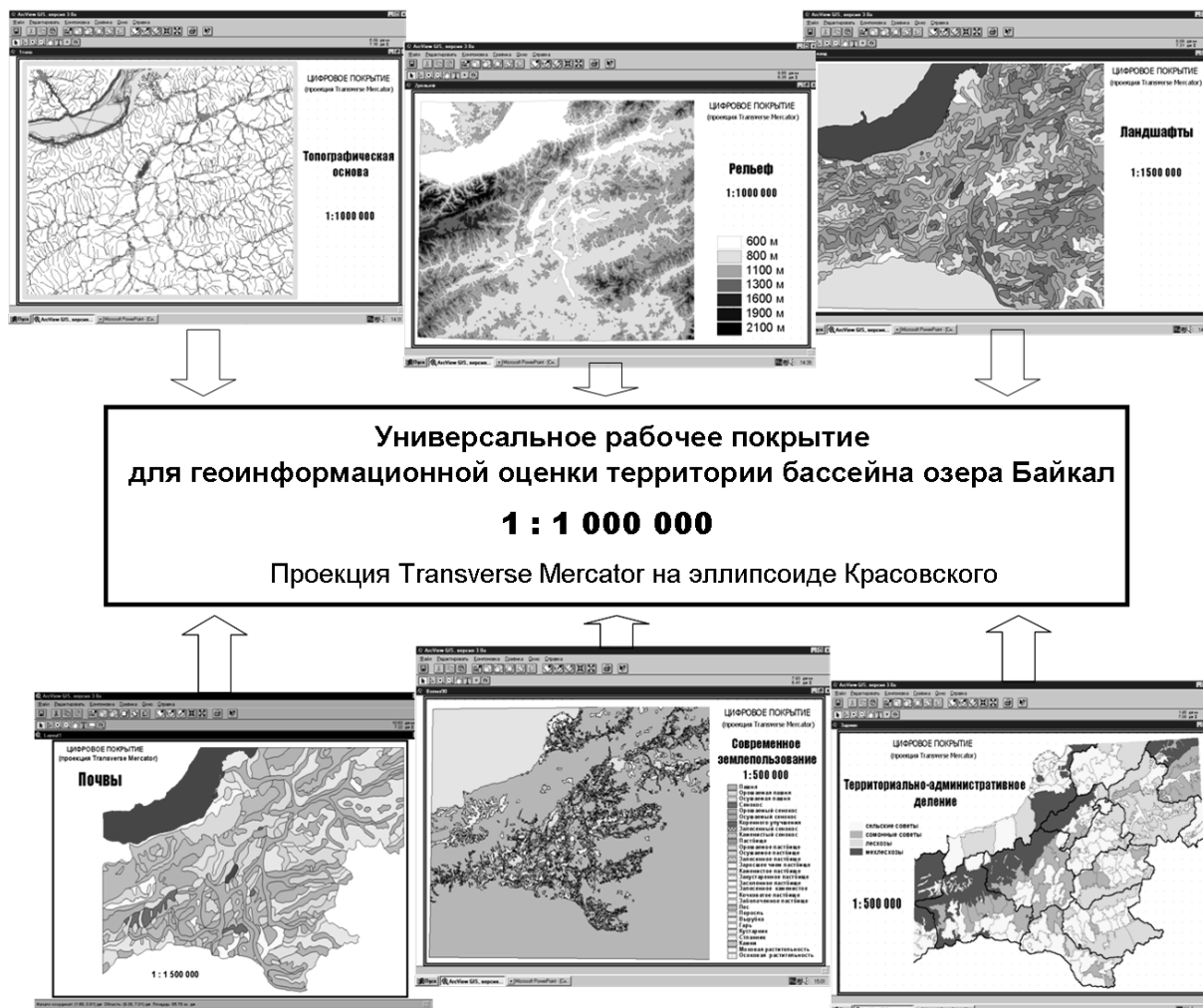


Рис. 19. Универсальное рабочее покрытие

Покрытие открыто для ввода разновременной цифровой информации о любых географических объектах. При геоинформационной оценке процесса природопользования на территории в универсальное покрытие вводятся ретроспективные слои. В итоге создается проблемно ориентированная геоинформационная модель территории, позволяющая выполнять надежную оценку объектов природопользования по необходимым пространственным критериям в зависимости от вводимых геоданных. Каждая точка рабочего покрытия имеет пространственные координаты и атрибуты всех совмещенных векторных слоев (рис. 20).

В зависимости от целей и задач оценки универсальное рабочее покрытие позволяет создавать производные покрытия по введенным пространственным критериям (рис. 21).

Для того чтобы полностью отобразить геообъекты реального мира и все их свойства, понадобилась бы бесконечно большая база данных. Поэтому, используя приемы генерализации и абстракции, необходимо свести множество данных к конечному объему, легко анализируемому и управляемому. Таким образом, важным этапом разработки ГИС является обоснование выбора моделей хранения и представления данных для создания информационной основы системы, которые бы сохраняли основные и не содержали бы второстепенных свойств объектов оценки. Геометрическая информация об объектах геоинформационного поля может быть определена как совокупность точек, линий, контуров и площадей, имеющих метрические значения и отражающих трехмерную реальность. Эта информация образует класс координатных моделей ГИС, являющийся обязательной характеристикой геообъектов.

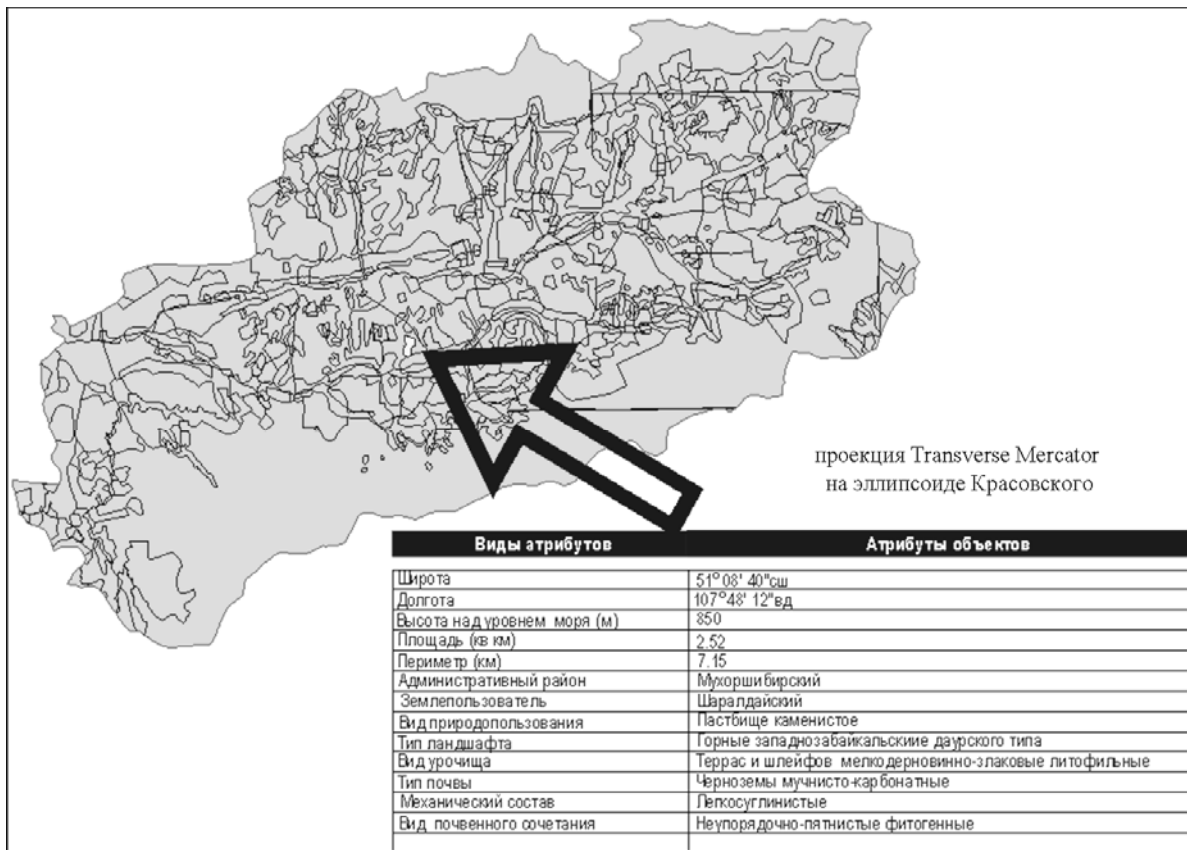


Рис. 20. Атрибуты универсального рабочего покрытия

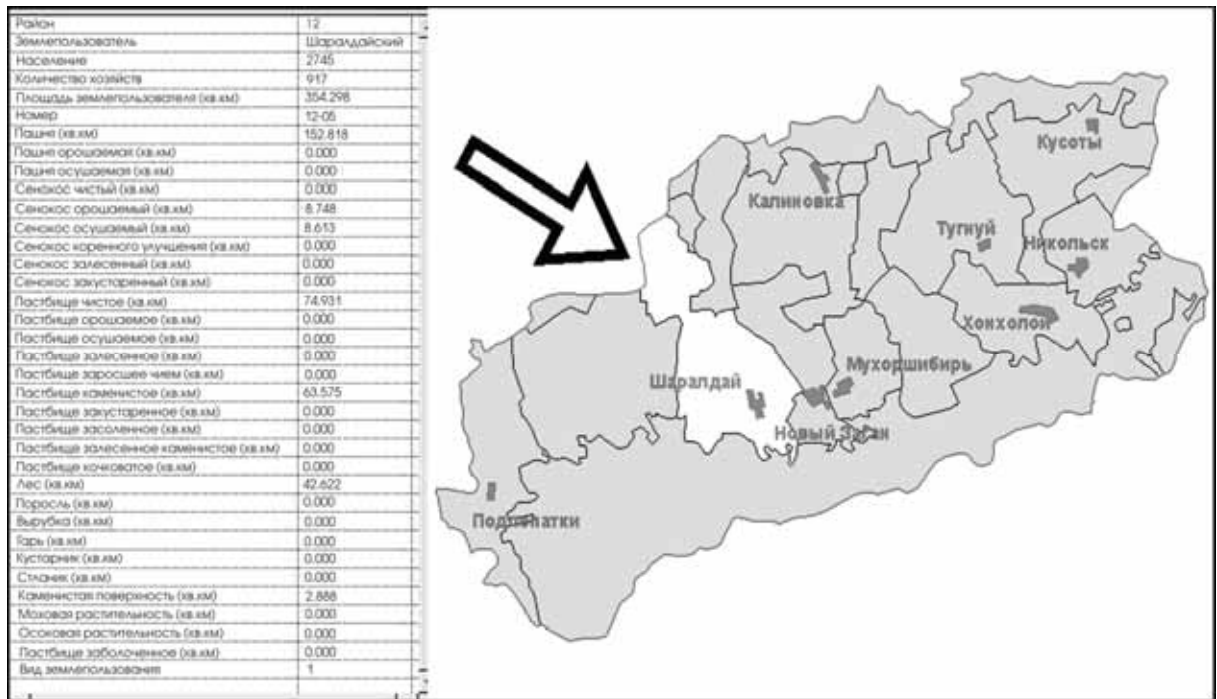


Рис. 21. Производное покрытие

Геометрические данные в ГИС хранятся в виде геодезических координат, что дает возможность определения пространственных связей и отношений между бесконечным множеством различных объектов. Это достигается построением геометрически подобной физико-географическому пространству топологической модели территории. Топология представляет собой математическую процедуру определения пространственных свойств и взаимоотношений объектов. В первую очередь определяется связность, направление и длина линий и построение полигонов. Затем формируются пространственные взаимоотношения между объектами: связность, соседство, близость, пересечение, расположение в пределах, относительное положение, превышение.

Создание и хранение топологических связей позволяет использовать данные более эффективно, ускоряет обработку их больших объемов, позволяет выполнять различные операции географического анализа, моделирование, объединение и наложение объектов. Данные о группах однородных объектов логически организуются в цифровые тематические слои, содержательные данные объектов хранятся в таблице атрибутов в виде кодированного набора чисел или символов и связаны с координатами уникальным идентификатором объекта. Для одновременных данных дополнительно вводится идентификатор времени и объекты организуются в одновременные тематические слои.

Для формирования информационной архитектуры геообъектов, как правило, используются инфологические, иерархические, реляционные и сетевые модели, а также квадратомические деревья. Для создания информационной структуры ГИСП используется реляционная модель представления геоданных, которая разработана на основе математической теории отношений и опирается на систему понятий, важнейшие из которых – таблица, отношение, строка, столбец, первичный ключ, внешний ключ. Таблица состоит из строк и столбцов и имеет уникальное имя внутри базы данных. Таблица отражает тип объектов реального мира, а каждая ее строка – конкретный объект.

Основным средством структурирования данных в реляционной модели является отношение. Каждая строка таблицы имеет записи. Каждая запись имеет набор атрибутов. Каждый столбец – это атрибут. Диапазон допустимых значений определяется для каждого атрибута. Степень отношения – число атрибутов в таблице. Поскольку реляционная модель является табличной, некоторые типы связей могут быть представлены в схеме неявно. В этой модели не предусматривается логической упорядоченности, однако строки помещаются в память таблицы в соответствии с некоторым порядком, с помощью которого производится необходимая выборка. Каждый столбец имеет уникальное имя в таблице, однако различные таблицы могут иметь столбцы с одинаковыми именами. Столбцы расположены в таблице в соответствии с порядком следования их имен при ее создании. Строки не имеют имен, порядок их следования не определен, а количество логически не ограничено. Любая таблица имеет один или несколько столбцов, значения которых однозначно идентифицируют каждую ее строку. Такой столбец называется первичным ключом.

В состав Arc GIS включены полная реляционная база данных и язык программирования для обработки табличной информации. Процедуры базы данных позволяют осуществлять ввод, манипулирование, обработку и анализ геоданных, арифметические и логические операции, а также подготовку итоговых документов. Табличные данные, характеризующие объекты цифровых покрытий, хранятся в формате dBase. Реляционная модель базы данных позволяет создавать сложные таблицы, входящие одна в другую. Одновременно может быть связано между собой до десяти таблиц сопряженных признаков, что дает возможность использовать до 4000 знаков для описания каждого объекта. В качестве сопряженных характеристик объектов могут быть использованы данные различных типов: целые и дробные числа, буквенные и цифровые символы, даты.



### 3.4. Семиотическое обеспечение геоинформационной оценки природопользования

Механизм функционирования семиотической подсистемы определяют законы и алгоритмы визуального восприятия объективной реальности. Они регулируют правила и процедуры создания адекватных моделей-заместителей географической оболочки в геоинформационном поле. В качестве единиц или элементов геоинформационных моделей выступают зрительно воспринимаемые дискретные графические знаки, цветовые стимулы, их комбинации и их совокупности вместе с отношениями значений. Эти визуальные конструкции являются картографическими знаками, они выражают или дифференцируют, а следовательно, воспроизводят смысловые значения объектов отображаемой действительности. Через эти значения реализуются связи геоинформационных моделей с объективной географической реальностью. Таким образом, главная задача семиотической подсистемы заключается в адекватном воспроизведении объектов и процессов природопользования посредством картографического изображения.

Разработка картографических условных знаков для отображения статики и динамики географических объектов базируется на знании и рациональном использовании семиотических аспектов, с одной стороны, и глубоком изучении сущности исследуемых объектов – с другой. Понимание сущности объекта картографирования, его специфических черт облегчает поиск путей к повышению информативности знаков, способствует адекватному выражению их смыслового содержания средствами языка карты. Эффективное применение основных правил синтактики, семантики и прагматики обеспечивает стройность и логичность передачи геоинформации, а также графически экономное и зрительно хорошо воспринимаемое изображение объекта картографирования. Решению этой задачи посвящено значительное количество отечественных и зарубежных исследований [Назаров, 1962; Бочаров, 1966; Измайлова, 1976; Arnberger, 1978]. Объединяющими аспектами всех усилий в этом направлении являются разработка универсальной методики проектирования систем картографических условных обозначений и создание информативных знаков. Например, буквенно-цифровая система логических связей графознаков [Бочаров, 1966] нацелена на обеспечение соответствия планов выражения и содержания в системах знаков карт и может применяться для проектирования систем знаков значительной сложности. Рассматривая содержание карты как отображение некоторой геосистемы в ее развитии, К. А. Салищев [1978] также разработал общие основы проектирования систем картографических знаков, которые применяются в отображении графическими средствами иерархических ступеней объективно существующих геосистем. Такой подход обуславливает определенную логику в построении знаков, четко выделяя различия между знаками подсистем, сохраняя их графическое сходство внутри каждой системы.

А. В. Востокова [1985] определяет информативность картознака как отношение количества содержательных признаков объекта, отображаемых знаком, к количеству конструктивных элементов, формирующих знак. Информативную емкость знаков она анализирует в двух аспектах – семантическом и формальном. В плане психологического соответствия графознаков предлагает использовать в качестве конструктивных элементов элементарные геометрические фигуры, завершенность композиции, уравновешенность и симметричность частей знака относительно главного центра, правильность пропорций между конструктивными элементами.

Для отображения геоинформации как продукта субъект-модельных отношений интерес представляет система графологического исчисления, разработанная Ж. Бертенем [1983], которая дает возможность предвычислять свойства формально-семантического (коммуникативного) характера комбинаций графических средств, исходя из свойств каждого средства, вхо-

дящего в комбинацию. Разнообразие картографических знаков он ограничивает шестью визуальными переменными: форма, ориентация, цвет, текстура, насыщенность, размер. Именно эти физические константы, благодаря своей дифференциации и интеграции, отображают разнообразие свойств географической оболочки. Каждая константа характеризует один визуально-материальный аспект человеческого восприятия.

В процессе познания окружающей действительности субъект воспринимает, запоминает и хранит географические образы и представления как совокупности различных материальных форм, простых фигур, линий, поверхностей, а также чистых цветовых стимулов, которые он встречает лишь как принадлежность какого-либо объекта. Память помогает ускорить процесс узнавания и анализа уже знакомых визуальных параметров. Новые же, незнакомые фигуры, формы, цветовые сочетания заставляют субъекта последовательно исследовать и анализировать признаки и особенности воспринимаемого объекта. Кроме того, любые визуально воспринимаемые свойства географической оболочки человек отражает, прежде всего, относительно точек отсчета, определяемых схемой собственного тела, а при акте визуального восприятия (равно – при чтении карты), имеет место семантическое взаимодействие между анатомической иерархией органов тела человека и видимыми объектами анализируемого пространства. Таким образом, в процессе эволюции у человека сформировался ряд психологических констант. Эти константы обусловлены привычными формами и структурами объективной реальности, постоянством их физико-химической дифференциации и хронологии развития, а также законом всемирного тяготения.































Являясь непосредственным выражением развития географической оболочки, непрерывная геоинформация определяется специфическими характеристиками: быстрое – медленное; стабильное – динамичное; опасное – безопасное; старое – новое и т.п. Вполне очевидно, что именно благодаря своему влиянию на жизнедеятельность геоинформация характеризуется психологическим взаимодействием со знаниями субъекта, поскольку определяется различного рода ассоциациями, опытом, ощущением последствий изменений. Следовательно, при разработке системы геоинформационных моделей возникает проблема воспроизведения субъективной и психологически обусловленной непрерывно меняющейся геоинформации статичными графическими моделями. Другими словами, возникает необходимость семантического взаимодействия между тем, что субъект знает о географическом объекте, процессе, явлении, и тем, что он видит в геоинформационной модели.

Наши исследования показали, что при определенном конструировании графических монохромных и цветных графознаков можно создавать знаковые ряды, имеющие формально-семантическую иерархию сложности модели, конструировать соответствие субъективным психологическим константам и, наоборот, вводить психологические неопределенности. Для этой цели при организации семиотической подсистемы были использованы свойства информативности цвета и формы [Бешенцев, 1996]. Было установлено, что при определенном конструировании графических значковых и площадных моделей можно вызвать психологическую зависимость читателя карты и использовать эту зависимость для оптимального соответствия плана содержания динамической геоинформации плану выражения ее средствами языка карты. Степень психологического воздействия на субъект определенной значковой модели связана с объемом информации, который она в себе содержит. Эта информация определяется сложностью структурного плана модели, она имеет ассоциативное и генетическое происхождение и не зависит от какого-либо семантического содержания графознака. Чем сложнее графическая модель, тем большую мысленную работу вынужден проделать субъект, тем сложнее ему выполнить каждую операцию визуального анализа: восприятие, различение, идентификацию, сравнение и запоминание. Информативность графической модели определяется сложно-

стью графознака и зависит от различных психологических констант: форма, ориентировка, асимметрия, визуальное соответствие закону всемирного тяготения (табл. 3).

Таблица 3

Информативность графических моделей для отображения геоинформации

Психологические константы	Информативность				
	min	Повышение сложности графознака →			max
Форма					
Визуальное соответствие закону всемирного тяготения					
					
Асимметрия					
Ориентировка: - модели; - конструктивных элементов					
					

Это основные параметры информативности, варьируя которыми, можно создавать качественно и количественно различимые информативные ряды графических моделей, имеющих формально-семантическую иерархию. Наличие различного объема информации в моделях подтверждают и те факты, что наименее сложная модель быстрее и легче запоминается, а использование в качестве плана выражения наименее информативных фигур (круг, треугольник, квадрат) усиливает выделение графознаков из информационного текста карты. Круг лучше всего воспринимается как графознак именно по причине наименьшей информативности: он симметричен, не имеет углов, не зависит от закона всемирного тяготения и от расположения фронтальной плоскости.

О психологическом взаимодействии между картографируемой геоинформацией и представлением ее специфики читателем карты можно сказать следующее. При изучении статичного объекта субъект анализирует лишь его одномоментное качественно-количественное состояние. При исследовании же динамики объекта помимо определения качественно-количественных характеристик субъект вынужден выполнить ряд дополнительных операций анализа развития и изменения этих характеристик в едином пространстве-времени, что, несомненно, является более сложной задачей. Выполненные эксперименты позволяют сказать, что наибольшая динамичность географического объекта, наибольшая его изменчивость в пространстве - времени, а также наибольшая продолжительность существования одного качества или одного количества (наибольший возраст) объекта ассоциируются человеком с наибольшей информативностью объекта.

Используя в качестве средств языка карты свойства информативности цветовых стимулов для отображения геоинформации, можно также добиться успешного соответствия плана выражения плану содержания. Цвет является важным изобразительным средством в языке карты. Для разработки принципов правильного цветового отображения геоинформации в первую очередь необходимо изучение основных характеристик цвета: цветового тона, светлоты и

насыщенности. Необходимы также исследования физических, физиологических и психологических факторов, влияющих на восприятие цвета и знания количественных характеристик чувствительности глаза: порога контрастной чувствительности, относительного порога яркости, последовательного и одновременного контраста. Анализ карт и атласов позволяет сказать, что цвет в языке карты имеет условный и символический смысл. Качественные характеристики объектов картографирования, как правило, реализуются в способах качественного фона, ареалов, знаков движения. Количественные характеристики наиболее часто отображаются картограммой и количественным фоном. С помощью цвета наглядно передается динамика объектов и явлений. Для объектов, локализованных в точках или линиях, динамику, как правило, выражают насыщенностью цвета в сочетании с размером знака. Для площадных объектов строят цветовые шкалы, где цветовым тоном отображают различие в качествах объектов, а насыщенностью – возраст.

На основании экспериментальных работ можно определенно сказать, что цвет всегда несет субъекту некоторый объем информации. Когда субъект говорит: нравится или не нравится ему тот или иной цветовой стимул, он имеет в виду: меньший или больший объем информации ему приходится анализировать. Эта информация имеет генетическое происхождение. По этой причине чистые цвета (красный, желтый, зеленый, синий), содержащие минимум информации, наиболее привлекательны для человека. Смесь же цветовых стимулов обладает большей информативностью, так как увеличивает нагрузку на работу зрительных анализаторов.

Информативность цвета имеет также и ассоциативное происхождение. По причине отсутствия в природе абстрактного цвета субъект сталкивается лишь с поверхностным или пространственным цветом как принадлежностью какого-либо объекта. Известно, что основой чувственного образа являются тактильно-кинестетические и осязательные ощущения и на их основе формируются зрительные, не имеющие самостоятельного значения. Поэтому понятно стремление субъекта зрительную информацию снабдить тактильно-кинестетической (холодный голубой, тяжелый серый и т.п.).

На основании анализа экспериментального материала следует сделать вывод, что чем дальше друг от друга в спектре расположены смешиваемые цветовые стимулы, тем информативнее будет их смесь. Таким образом, наиболее информативными будут красно-синий и сине-красный, а наименее – желто-зеленый и зелено-желтый. Следовательно, цветовой тон здесь выступает как независимый графознак, имеющий помимо формально-семантического свойства способность выражать порядковые различия денотатов как насыщенность и светлота. Следует также отметить, что с увеличением светлоты информативность цветового стимула уменьшается, а влияние насыщенности на информативность цвета не определяется.

Таким образом, под информативностью цвета и формы мы понимаем объем информации, возникающей при анализе субъектом визуальной модели, обусловленный психологическими особенностями восприятия, которые имеют генетическое и ассоциативное происхождение. Если визуальная модель соответствует параметрам психологических констант восприятия человека, то она обладает минимальной информативностью.

Информативность цвета и формы – величина относительная и определяется степенью отклонения от этих параметров. Нами было установлено, что оптимальное количество порогов информативности цвета – шесть, формы – от четырех до восьми, в зависимости от используемого параметра и размера модели [Бешенцев, 1996].

При разработке условных знаков в семантическом аспекте свойство информативности цвета и формы позволяет добиться соответствия плана содержания геоинформации плану ее выражения средствами языка карты с помощью выявленных закономерностей: динамичное – максимально информативное и стабильное – минимально информативное. В формальном ас-

пекте эти свойства позволяют строить формально-логические знаковые ряды, имеющие легко читаемую иерархию.

### **3.5. Аналитическое обеспечение геоинформационной оценки природопользования**

Функционирование системы природопользования как объекта геоинформационной оценки территории определяется изменениями пространственных и субстанциональных характеристик географических объектов во времени. Эта динамика является индикатором преобразования человеком географической оболочки и фиксируется в величинах и системах отсчета соответствующих научных дисциплин. Если пространственная точность и надежность геоинформационной оценки определяется технологическими особенностями исследований и зависит от программных и технических средств, то субстанциональный аспект создаваемой геоинформации в большей степени имеет субъективный характер и определяется целью исследования, критериями и параметрами оценки, уровнем знаний и квалификации специалиста.

Пространственные объекты, формализованные в ГИС, наделены не только геометрическими характеристиками, но и содержат данные о своей сущности и непространственных характеристиках в виде набора атрибутов. Одним из процессов анализа атрибутивных данных в ГИС является процесс их измерения посредством специальных предметных шкал. Особенностью шкал является соответствующий набор допустимых операций с их значениями, а сравнение атрибутивных данных корректно только внутри одной шкалы измерений.

Проблема классификации состояния и динамики объектов географической оболочки представляет собой один из самых сложных моментов при геоинформационной оценке территории. Всякая формальная классификация предполагает, прежде всего, четкое и резкое обособление объектов или процессов одной группы от объектов или процессов другой группы. Результатом такой классификации должно быть установление некоторого порядка в расположении самих этих групп, хотя при этом установленный порядок носит нередко искусственный и произвольный характер.

Классификация, основанная на формальных принципах, предполагает какое-либо распределение по группам, в основе которого лежит сходство предметов каждой группы благодаря наличию общего свойства. В содержательных классификациях акцент делается на раскрытие внутренних закономерностей дифференциации между группами классифицируемых объектов и территорий. Любая классификация фиксирует закономерные связи между классами объектов с целью определения места объекта в системе, которое указывает на его свойства, а также служит средством хранения и поиска информации, содержащейся в ней самой.

Алгоритмы автоматической классификации входят в математическое обеспечение современных геоинформационных программ. Содержательная классификация геоданных, то есть содержательные критерии геоинформационной оценки параметров объектов и процессов географической оболочки определяются на основании законов предметной области, которой принадлежит географический объект или явление.

Геоинформационные программные пакеты предлагают, как правило, пять методов содержательной классификации геоинформации. *Метод естественных границ* устанавливает границы классов по существу различий в местах сравнительно больших скачков в значениях и минимизирует вариации в пределах каждого класса. При *методе квантилей* каждому классу приписывается одинаковое число оцениваемых объектов. Этот метод лучше всего подходит для классификации данных с равномерным линейным распределением и когда нужно выделить значение развития одного объекта относительно других. *Равноплощадной метод* позволяет классифицировать полигоны по интервалам в значениях атрибутов так, чтобы общая площадь полигонов в каждом классе составляла одинаковую величину. *Метод равных интер-*

валов с помощью равнопромежуточной классификации делит все значения атрибутов на равные классы. Этот метод используется в случаях, когда необходимо выделить величину значения атрибута по сравнению с другими значениями или для данных, вариации которых заранее известны. Метод стандартных отклонений показывает разницу значения атрибута оцениваемого объекта по сравнению со средним значением всех величин. Таким образом, выбор метода и шкалы классификации для построения геоинформационной модели объекта или явления представляет собой аналитический процесс и может способствовать как адекватной оценке исследуемой территории, так и искажению географической реальности (рис. 22).

Основными аналитическими функциями ГИС являются: выбор объектов по запросу, обобщение данных, геометрические и оверлейные операции, построение буферных зон и сетевой анализ. Важным условием любой автоматизированной системы является возможность интерактивной работы с большим числом векторных объектов. Для интерактивной работы с универсальным рабочим покрытием была разработана система геоинформационных запросов объектов природопользования (рис.23).

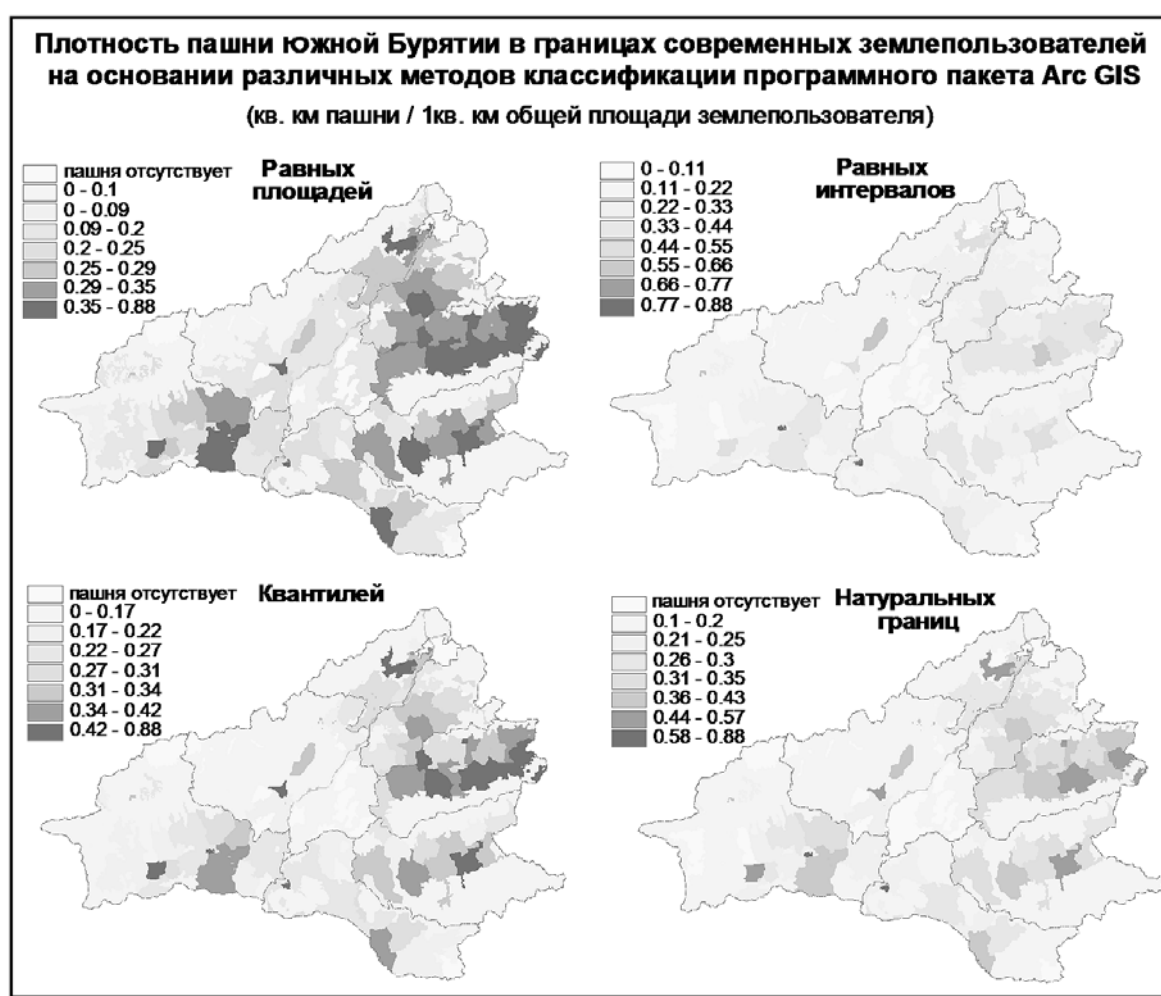


Рис. 22. Пример различной классификации геоданных

Самой простой формой запроса является получение характеристик объекта, указанного курсором на экране, и обратная операция, когда изображаются объекты с заданными атрибутами. Под геоинформационным запросом объекта природопользования понимается формирование необходимого порядка математически определенных пространственных и содержательных операций с целью оперативного получения информации о развитии этого объекта. С помощью пакета Arc GIS можно выполнять различные запросы к хранящимся данным от про-

стого выбора объектов в геоинформационном поле для их идентификации, определения местоположения по критериям выборки до анализа пространственных взаимосвязей между различными объектами.



Рис. 23. Система геоинформационных запросов объектов природопользования

Для разработки системы геоинформационных запросов объектов природопользования используется объектно-ориентированный язык программирования и настройки среды пользователя Avenue, который позволяет получить доступ и управлять геообъектами. Язык включает посылку запросов к объектам и классам, условный оператор присваивания, конструкции циклов и операторы управления ходом программы. Таким образом, запросы представляют собой коды автоматизации часто повторяющихся процессов. Например, на запрос «Дифференцировать типы природных ландшафтов по степени распаханности территории в XX в.» будут созданы различные геоинформационные модели: а – картографическая, б – графическая; в – табличная (рис. 24).

Для каждого ГИС-пакета характерен свой набор средств пространственного анализа, обеспечивающий решение специфических задач пользователя, но, как правило, все программы обеспечены перечисляемыми аналитическими алгоритмами.

*Обобщение данных* может проводиться по равенству значений определенного атрибута, в частности для зонирования территории. Еще один способ группировки – объединение объектов одного тематического слоя в соответствии с их размещением внутри полигональных объектов других тематических слоев.

*Геометрические функции:* к ним относят расчеты геометрических характеристик объектов или их взаимного положения в пространстве, при этом используются формулы аналитической геометрии на плоскости и в пространстве. Так, для площадных объектов вычисляются занимаемые ими площади или периметры границ, для линейных – длины, а также расстояния между объектами и т.д.

*Оверлейные операции* (топологическое наложение слоев) являются одними из самых распространенных и эффективных. В результате наложения двух тематических слоев образуется другой дополнительный слой в виде графической композиции исходных слоев. Учитывая, что анализируемые объекты могут относиться к разным типам (точка, линия, полигон), возможны разные формы анализа: точка на точку, точка на полигон и т.д. Наиболее часто анализируется совмещение полигонов.

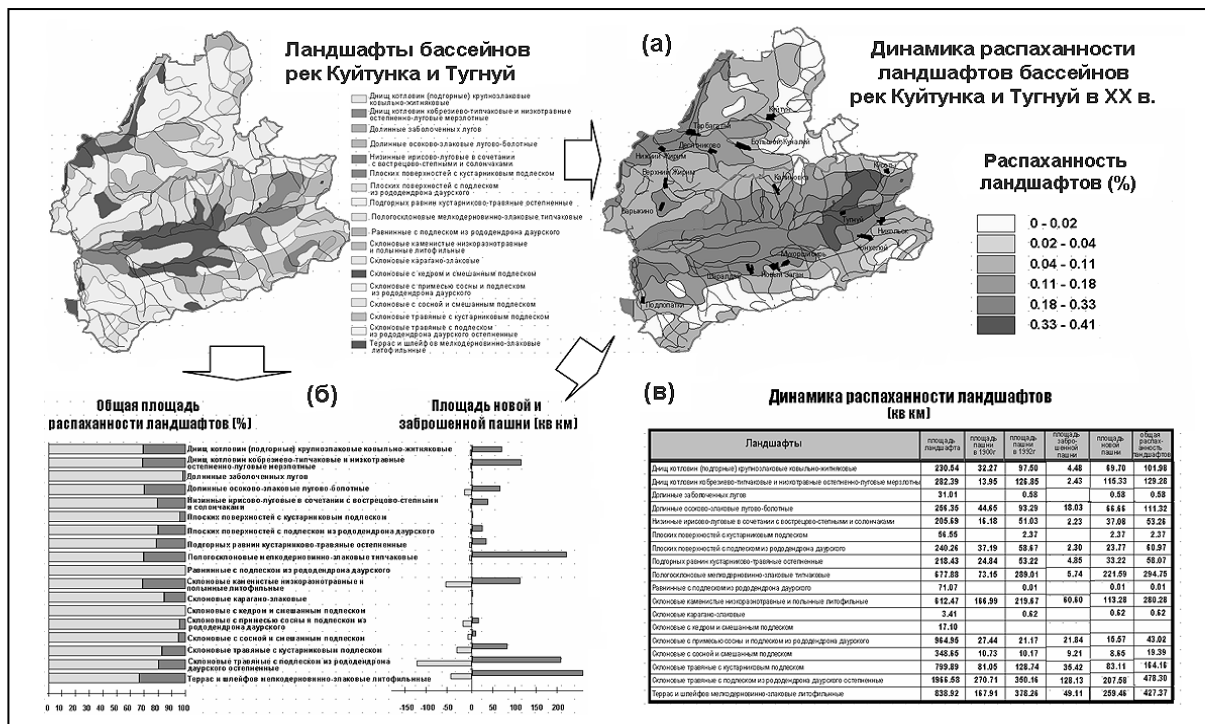


Рис. 24. Пример реализации геоинформационного запроса

**Построение буферных зон.** Одним из средств анализа близости объектов является построение буферных зон. Буферные зоны – это районы (полигоны), граница которых отстоит на заданном расстоянии от границы исходного объекта. Границы таких зон вычисляются на основе анализа соответствующих атрибутивных характеристик. При этом ширина буферной зоны может быть как постоянной, так и переменной. Например, буферная зона вокруг источника электромагнитного излучения будет иметь форму круга, а зона загрязнения от дымовой трубы завода с учетом розы ветров будет иметь форму, близкую к эллипсу.

**Сетевой анализ** позволяет пользователю проанализировать пространственные сети связанных линейных объектов (дороги, линии электропередач и т. д.). Обычно сетевой анализ служит для задач определения ближайшего, наиболее выгодного пути, определения уровня нагрузки на сеть, определения адреса объекта или маршрута по заданному адресу и другие задачи.

**Анализ пространственного распределения объектов.** Фактически во многих случаях необходимо знать не только объем пространства, занимаемый объектами, но и расположение объектов в пространстве, которое может характеризоваться количеством объектов в определенной области, например, распределение численности населения. Наиболее распространены методы анализа распределения точечных объектов. Мерой точечного распределения служит плотность. Она определяется как результат деления числа точек на значение площади территории, на которой они расположены. Кроме плотности распределения можно оценить форму распределения. Точечные распределения встречаются в одном из четырех возможных вариантов: равномерном (если число точек в каждой малой подобласти такое же, как и в любой другой подобласти), регулярном (если точки, разделенные одинаковыми интервалами по всей области, расположены в узлах сетки), случайном, кластерном (если точки собраны в тесные группы).

Точечные распределения могут описываться не только количеством точек в пределах подобластей. Часто анализируются локальные отношения внутри пар точек. Вычисление этого статистического показателя включает определение среднего расстояния до ближайшей соседней точки среди всех возможных пар ближайших точек. Данный метод позволяет оценить



меру разреженности точек в распределении. Распределение линий также оценивается по плотности. Обычно вычисления выполняются для сравнения разных географических областей, например по густоте гидрографической сети. Линии могут также оцениваться по близости и возможным пересечениям. Другими важными характеристиками являются ориентация, направленность и связанность. Анализ распределения полигонов подобен анализу распределения точек, однако при оценке плотности определяют не количество полигонов на единицу площади, а относительную долю площади, занимаемой полигоном.

При пространственном анализе атрибутов объектов Arc GIS позволяет выполнять пространственное соединение и пространственное слияние различных тем. Пространственное соединение может быть двух видов. При ближайшем соединении каждому объекту в таблице назначения присваиваются атрибуты ближайшего к нему объекта из таблицы источника. При внутреннем пространственном соединении каждому объекту в таблице назначения присваиваются атрибуты объекта из таблицы источника, который полностью содержит его. Пространственное слияние позволяет группировать объекты на основе одинаковых значений атрибутов.

Для анализа взаимосвязей между динамикой различных объектов математический аппарат Arc GIS позволяет выполнить нормализацию атрибутов. Данные одного объекта можно нормализовать по отношению к сумме всех значений атрибутов. Можно также нормализовать атрибуты по значениям других атрибутов, принимая во внимание пространственные различия географических объектов и их динамики.

В некоторых случаях для запрашиваемых объектов возникает задача агрегирования данных. Агрегирование данных предполагает объединение и суммирование определенных атрибутов, что облегчает интерпретацию, анализ и управление данными. Первый способ агрегирования данных – суммирование выбранных атрибутов точечных, линейных или полигональных объектов одной темы в соответствии с их размещением внутри полигональных объектов другой темы. Другой способ агрегирования данных – объединение выбранных объектов по равенству значений определенного атрибута.

Таким образом, созданная ГИСП обеспечивает автоматизированную реализацию всех аспектов метрической и субстанциональной оценки географической оболочки и является основным в настоящее время технологическим модулем анализа регионального природопользования. ГИСП соответствует всем требованиям систем, открыта для дополнения любой геоинформацией, методически проста и управляема. Управляемость системы предполагает возможность создания различных по типу и предмету карт и геоинформационных запросов развития объектов природопользования. Технологическая реализация системы позволяет надежно оценивать качественные и количественные изменения объектов природопользования, выявлять и исследовать структуру пространственно-временных инвариантов их динамики, прогнозировать тенденции и направления изменений, фиксировать позитивные и негативные стороны преобразования природы и формулировать рекомендации по оптимизации природопользования.

## **IV. ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

### **4.1. Геоинформационная модель территории**

Организация геоинформационных исследований пространства бассейна озера Байкал обусловлена территориальными и исторически сложившимися особенностями его географического положения (рис. 25).

Уникальность озера Байкал способствовала признанию его в 1996 г. Участком мирового природного наследия, хотя предложения и научно-практические рекомендации по организации режима особого природопользования на территории бассейна озера звучали с 80-х гг. прошлого века [Викулов, 1982]. В середине 90-х гг. прошлого века были сформулированы основные принципы устойчивого развития региона [Тулохонов, 1996], а особый статус озера способствовал формированию на территории его бассейна политики экологического планирования и разработке экологического зонирования Байкальской природной территории [Антипов и др., 2006].

Анализ различных научно-исследовательских и прикладных разработок позволяет выделить два основных пространственно-временных уровня геоинформационной оценки и исследования бассейна: внешняя эволюция территории в совокупности одноранговых геосистем и внутренняя динамика пространственно-временных инвариантов самой геосистемы бассейна. Первый уровень характеризуется планетарным и континентальным масштабами географической оболочки Земли (воздушный перенос, эмиссия углерода, геологическое строение, сейсмика) и представляет концепции и умозаключения общего пространственного развития территории. Второй уровень характеризуется региональными и локальными особенностями территории, легитимность его результатов в первую очередь определяется геометрической точностью используемых топографических основ, космических снимков, полевых координатных данных.

Наличие межгосударственной границы и специфика территориально-административного деления бассейна озера исторически препятствовали организации крупномасштабных региональных исследований и целостной оценке территории как единой геосистемы. Это было вызвано режимом секретности использования картографических и аэрокосмических материалов, слабой изученностью труднодоступных участков, высокой стоимостью полевых работ. Между тем чрезвычайная важность возникающих трансграничных проблем природопользования обусловлена различием хозяйственного использования бассейна реки Селенги – главного притока озера Байкал. В зоне влияния трансграничного загрязнения находится нижняя часть бассейна Селенги, полностью входящая в буферную экологическую зону Байкальской природной территории, при этом Республика Монголия не определяет особых природоохранных требований к организации природопользования на ее территории [Макаров и др., 2008].

Современные общественно-исторические условия в некоторой степени снимают эти ограничения и способствуют интеграции усилий мирового научного сообщества по изучению бассейна озера Байкал как единого природного и социально-экономического территориально-го комплекса. Этот процесс сопровождается активным внедрением во все сферы территориальной деятельности электронного картографирования, характеризующегося оперативностью

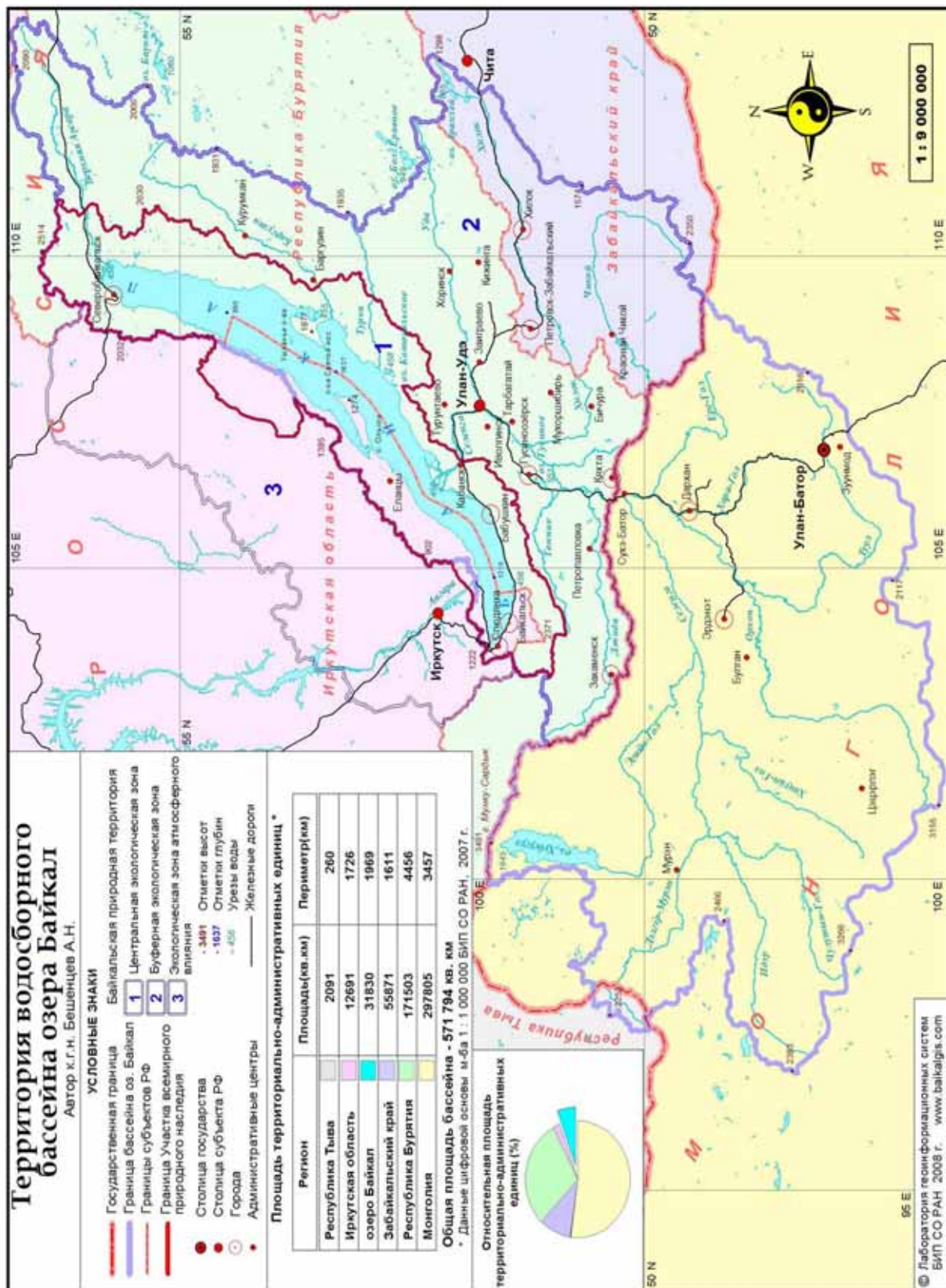


Рис. 25. Водосборный бассейн озера Байкал

и надежностью итоговых результатов [Батуев и др., 2000], использованием в географических исследованиях данных дистанционного зондирования [Шапхаев и др., 1998; Китов, 2000], а также становлением регионального экологического [Пластинин, 2000] и атласного картографирования [Батуев и др., 1998].

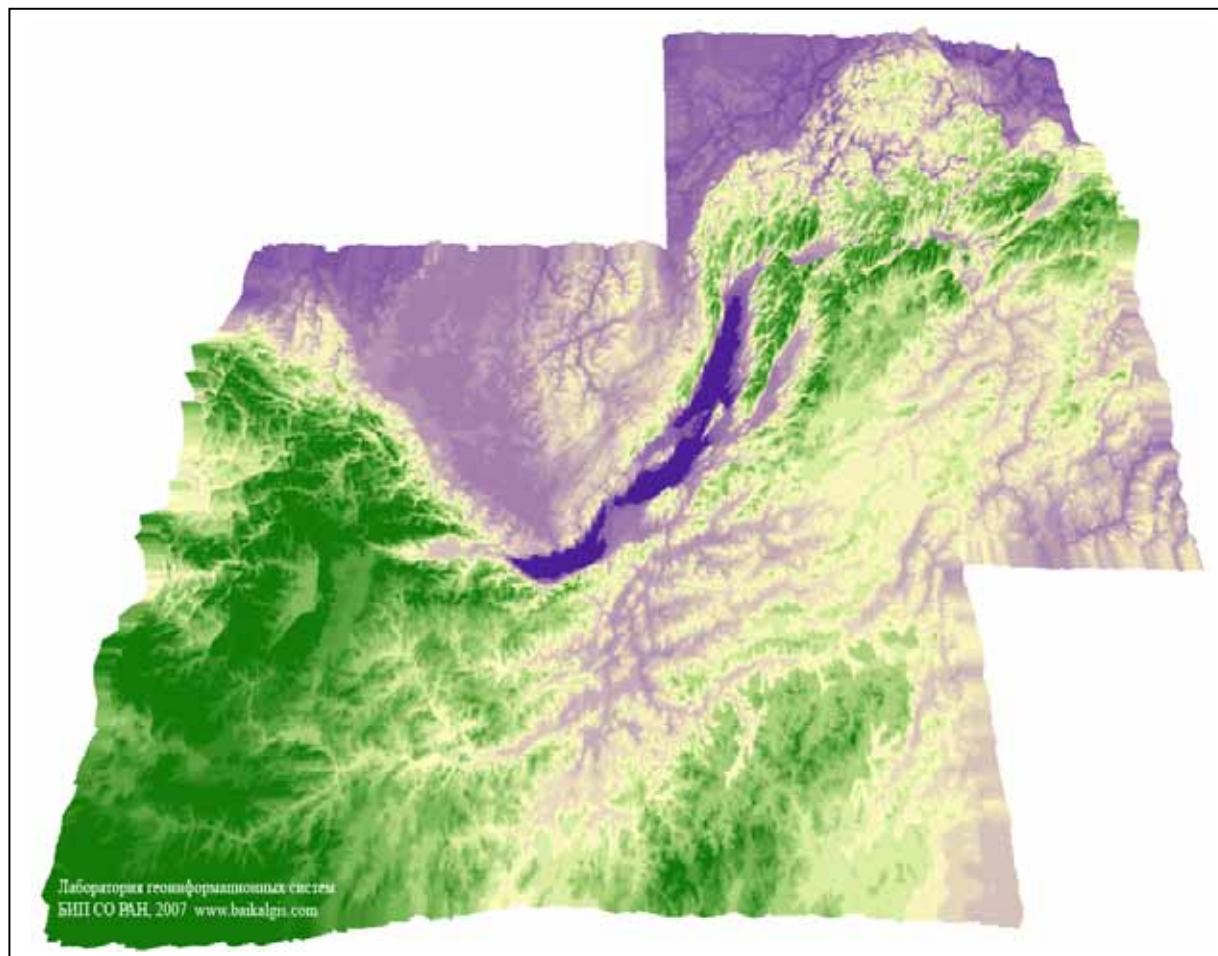


Рис. 26. Цифровая модель рельефа бассейна озера Байкал

Первым шагом геоинформационной оценки территории является создание, на основе единого геоинформационного поля, модели необходимого сегмента географической оболочки. Для плановой оценки территории используется векторная топографическая основа, а для высотной – цифровая модель рельефа (grid-покрытие). Именно эти топологические геоданные служат метрическим базисом всей оценки и определяют точность и надежность исследований.

При создании геоинформационной модели территории в качестве базовых были использованы цифровые топографические основы масштаба 1:1 000 000: основа Федерального агентства геодезии и картографии России; основа DCW (The digital chart of the world for use with ARC/INFO), созданная исследовательским центром Environment System Research Institute (ESRI) на основе карты мира масштаба 1:1 000 000. Для уточнения отдельных участков территории использовались топографические карты масштабов 1 : 100 000 и 1 : 200 000 Федерального агентства геодезии и картографии России. Кодирование тематических слоев и объектов выполнено на основе классификатора Роскартографии для цифровых топографических карт.

Высотной основой для локализации векторных слоев и объектов является цифровая модель рельефа (ЦМР). Построение ЦМР требует определенной формы представления исходных данных (набора координат точек X,Y,Z) и способа их структурного описания, позволяющего восстанавливать поверхность путем интерполяции или аппроксимации исходных данных. Од-

ними из наиболее распространенных способов цифрового отображения рельефа являются растровое представление пространственных данных GRID, а также векторное представление TIN, основанное на аппроксимации рельефа многогранной поверхностью с высотными отметками (отметками глубин) в узлах треугольной сети. Процесс цифрового моделирования рельефа включает создание цифровых моделей, их обработку и использование.

Исходными данными для формирования ЦМР исследуемой территории являлись векторные изолинии рельефа и отметки высот и глубин покрытия масштаба 1 : 1 000 000, размер стороны пространственной ячейки – 500 м (рис. 26). Обработка ЦМР служит для получения производных морфометрических или иных геоданных, включая вычисление углов наклона и экспозиции склонов; анализ видимости-невидимости; построение трехмерных изображений; профилей поперечного сечения; оценку формы склонов; вычисление объемов; проектирование маршрутов и т.п. К категории измерительных задач относятся задачи расчета длины объекта и произвольной линии с указанием дирекционного угла и азимута; длины и площади объекта с учетом рельефа; определения расстояния между объектами; статистика площадей однотипных объектов; поиск объектов по параметрам и т.п.

## **4.2. Геоинформационная оценка природопользования территории Селенгинского среднегорья**

### **4.2.1. Освоение территории**

Территория Селенгинского среднегорья представляет собой центральную, наиболее освоенную часть бассейна озера Байкал, находится в зоне лесостепи, где на региональном пространстве соединяются лесной и степной типы растительности. Эта особенность исследуемой территории определила ее как важный естественный рубеж Евразийского континента, где происходило проникновение древнего человека в Забайкалье и Прибайкалье из северной Монголии вслед за мигрирующими промысловыми животными [Иметхенов, 1997].

Археологические памятники свидетельствуют, что первые люди появились на исследуемой территории свыше 80 тыс. лет назад. Первым государственным образованием в III–I вв. до н. э. было племенное объединение гуннов. После распада их государства, сменяя друг друга, здесь жили племена сяньби, курыкан, уйгуров, киданей, жужаней и меркитов. Письменные упоминания о первых группах монголоязычных племен в этом регионе относятся к X в. В XI в., когда была образована Великая Монгольская империя, многие из этих племен присоединились к военным походам Чингис-хана. Ко времени прихода русских в Сибирь в Прибайкалье и Забайкалье проживали четыре основные племенные группы: булагаты, эхириты, хонгодоры и хоринцы. Основными формами природопользования до XVII в. на территории бассейна были кочевое скотоводство, охота и рыболовство.

Исследуемая территория характеризуется среднерасчлененным рельефом с преобладающими высотами 600 – 1000 м над уровнем моря. Главной особенностью этого участка бассейна оз. Байкал является наличие приселенгинских котловин, объединенных в линейные комплексы и разделенных горными хребтами [Батуев и др., 2000]. Около 60% общей площади занимают склоновые ландшафты. Доминирующими являются каштановые почвы, покрывающие значительные площади в межгорных котловинах и имеющие наиболее легкий механический состав. Свыше 80% их площади представлены легкими суглинками и супесями, которые в значительной степени подвержены пыльным бурям в условиях семиаридного климата.

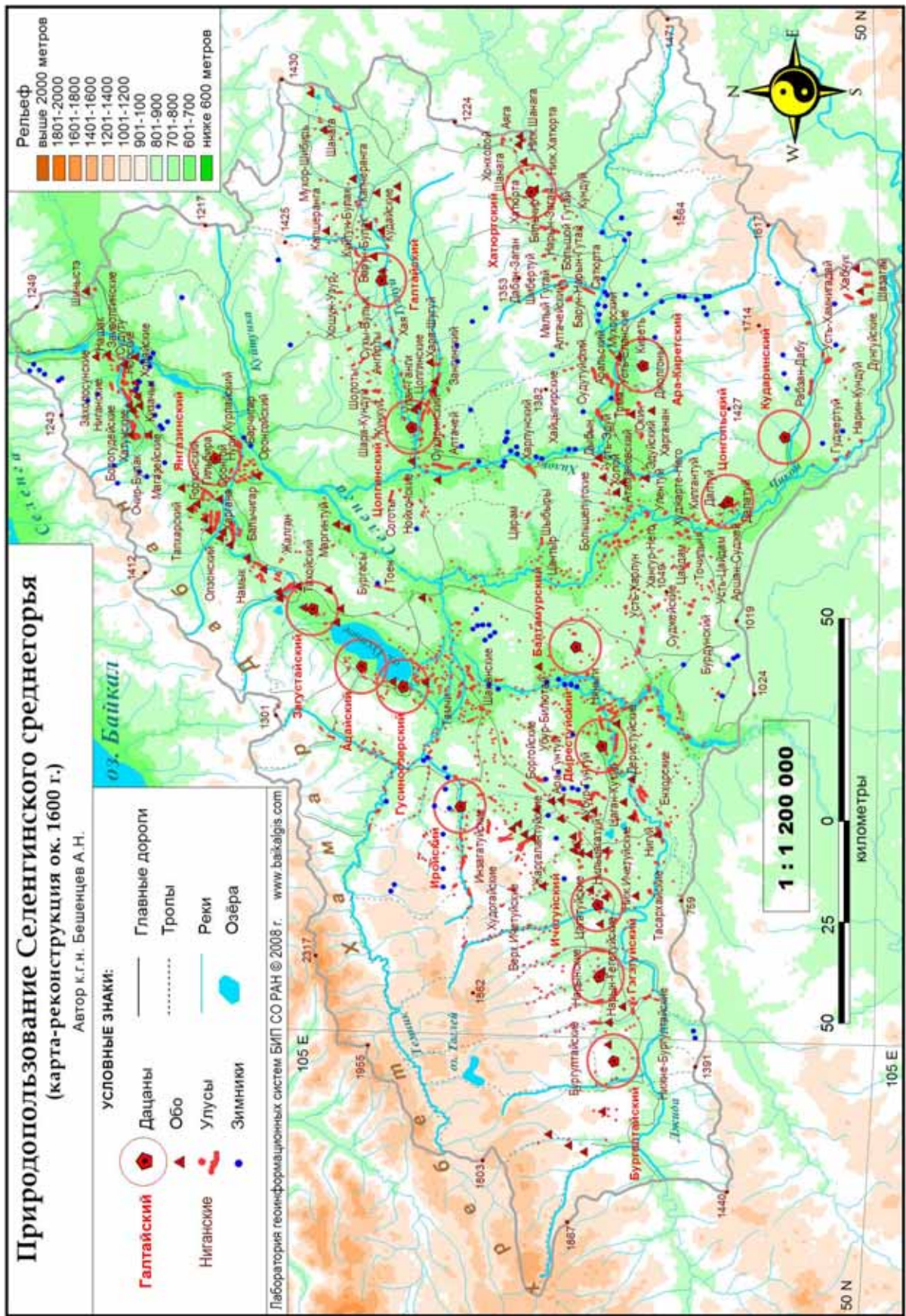


Рис. 27. Карта-реконструкция природопользования территории Селенгинского среднегорья (около 1600 г.)

Организация пастбищного животноводства в кочевых обществах региона определялась особенностями их культуры, связанными с адаптацией хозяйства к природной среде. Результатом этого многовекового процесса явилась система природопользования, основанная на эксплуатации рассредоточенных по территории и во времени ресурсов [Гомбоев, 2006]. Таким образом, до прихода русских поселенцев эта историческая территория расселения кочевников монголов и бурят характеризовалась дисперсным расселением по различным ландшафтам.

Анализ карты-реконструкции природопользования исследуемой территории (рис. 27) позволяет сказать, что структура земельных угодий в то время во многом определялась преобладающим типом почвы. Наиболее ценными являлись земли, расположенные в основном на каштановых, черноземных и серых лесных почвах. Такие ареалы, как правило, локализовались в типичных степных и лесостепных котловинных урочищах, к которым относятся пологосклонные и супесчано-песчаные степные, равнинные лугово-степные и аллювиальные ландшафты.

Для исследуемой территории была характерна высокая насыщенность естественными кормовыми угодьями – сенокосами и пастбищами. Сенокосы размещались на аллювиальных и луговых заболоченных почвах. Пастбища были представлены остепненными пространствами, и значительные их площади размещались на черноземных, каштановых и аллювиальных почвах. Наиболее качественные сенокосы и пастбища размещались в межгорных котловинах на склоновых землях. Главной формой кочевого природопользования являлось циклическое перемещение по занимаемой территории согласно выявленным адаптивным пространственно-временным инвариантам.

При циклическом типе передвижения кочевник имеет основное, главное стойбище – зимник, к которому ежегодно возвращается, пройдя через весеннее, летнее и осеннее пастбище. Именно такая форма хозяйствования определяла основной рисунок расселения бурятского населения, состоящего из множества мелких улусов (т.е. зимних стойбищ) и большого числа временных летников, куда и относились места кочевок в летне-весеннее и осеннее время года. При таком расселении сохранялась наименьшая нагрузка на пастбища, что способствовало быстрому их восстановлению. Общая характеристика территории: дисперсное расселение по различным ландшафтам; развитое отгонное животноводство; основные социально-экономические функции ландшафтов – селитебные, сельскохозяйственные, транзитные; самая распространенная, циклическая форма кочевок; мобильное фоновое природопользование.

С вводом забайкальских земель в общее число российских изменился их государственный статус. Вскоре сюда вслед за служилыми и промышленными людьми начали направляться партии крестьян-земледельцев с наказом изыскивать удобные земли и «пахать государеву пашню». Такая политика государства способствовала внедрению земледелия и определила начало трансформации природных ландшафтов. Первые пашни появились около Удинского острога в конце XVII в., позже несколько рассредоточенных центров распашки появились вверх по Селенге до г. Селенгинска. А уже в первой четверти XVIII в. эта территория становится одной из земледельческих баз Забайкалья [История БАССР, 1954].

Освоение природных ландшафтов начиналось с выбора места под пашню, что в дальнейшем и определяло развитие селитбы и дорожной сети. Выбранным пригодным землям делались описи и планы. В основном пашни выбирались на свободных землях, вблизи рек и ручьев. Переселенцы, селившиеся в лесостепной полосе, подыскивали поляны, чтобы уменьшить необходимость расчистки леса. Наиболее освоенными районами были долины Чикоя и Хилка. В 50–60-е гг. XVII столетия до Забайкалья докатилась волна переселенцев

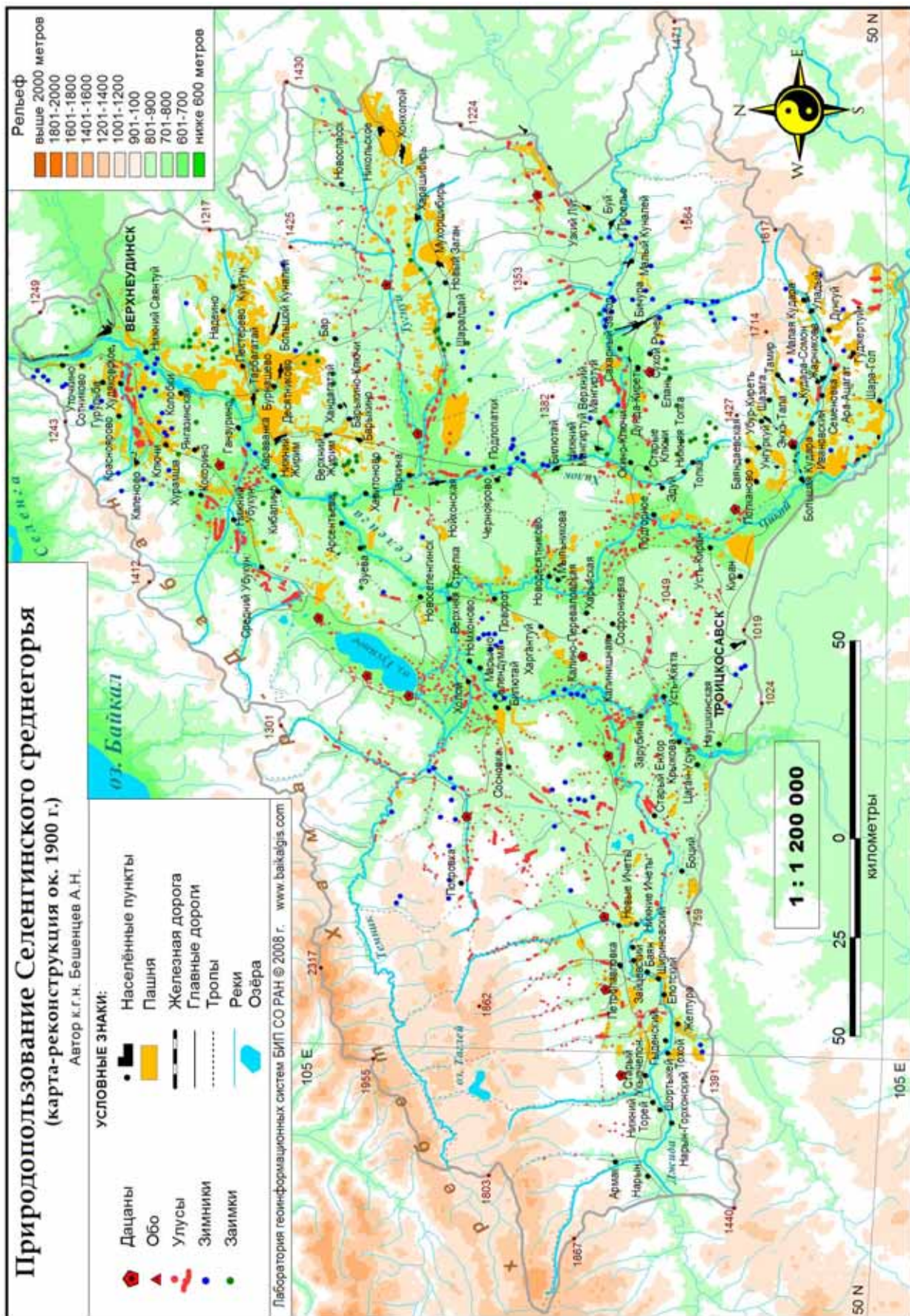


Рис. 28. Карта-реконструкция природопользования территории Селенгинского среднегорья (около 1900 г.)



из числа старообрядцев. Они образовали крупнейшую земледельческую базу Забайкалья – Мухоршибирскую, Куналейскую, Тарбагатайскую волости (рис. 28).

По мере продвижения русских переселенцев по территории бассейна оз. Байкал создавались постоянные населенные пункты вдоль крупных речных артерий, таких как Селенга с ее притоками, Чикой, Хилок, Джиды. Появление русских ознаменовало формирование регулярной системы сухопутного и водного транспорта, возникновение постоянных селитебных комплексов. В 1666 г. появилось Удинское зимовье (с 1690-го – город) и Селенгинский острог (с 1685 г. – город). Как правило, около острогов, под их защитой возникали заимки острожных жителей, а затем и отдельные хутора. Эти хутора и заимки со временем образовывали одну слободу. В первой половине XVIII в. появляются заимки в бассейнах рек Чикой и Хилок. В середине XVIII в. уже упоминаются большие села Бичура, Верхний Жирим, Хонхолой, Никольское, Дунгуй, Жарниково, а также вотчины Троицко-Селенгинского монастыря – Куналейская, Буйская, Харитоновская, Еланская. Основную хозяйственную деятельность русского населения составляло земледелие, скотоводство для них было побочным хозяйством.

#### **4.2.2. Динамика природопользования**

Изначально системы расселения русских формировались путем строительства крупных деревень по европейскому стилю с линейной поселковой формой расселения, с центром, где, как правило, располагались церковь, а в последующем школы. Для каждого населенного пункта был характерен определенный комплекс сельскохозяйственных угодий – прежде всего пахотных, и лишь отчасти сенокосных и пастбищных [Намжилова и др., 2000].

В начале 30-х гг. на исследуемой территории число кочевых и полукочевых хозяйств составляло в Селенгинском аймаке 510 и 8130, в Кяхтинском – 3557, Закаменском – 670 и 1350 единиц. Плотность улусов по территории аймаков была достаточно высокой, так как от 10 до 20 хозяйств на зимниках составляли улус.

Кардинальные изменения в системах расселения произошли в период коллективизации единоличных хозяйств в разные формы – коммуны, сельхозартели, ТОЗы, ТОУСы и колхозы. Так, к 1930 г. удельный вес коммун составлял 74,9%, артелей – 18,6, ТОЗов и ТОУСов – 6,5%. В аймаках южной Бурятии – Селенгинском, Кяхтинском – доля коммун составляла соответственно 84,6 и 42,5%, сельхозартелей – 14,1 и 36,9%, ТОЗов и ТОУСов – 1,3 и 20,6%. Такие формы хозяйствования предусматривали необходимость оседлости кочевых и полукочевых хозяйств в условиях обобществления земли и скота. Политика перевода хозяйств на оседлость вследствие коллективизации позволила уже к 1931 г. осуществить перевод 800 хозяйств в Селенгинском, 600 – в Закаменском аймаках.

Для хозяйственных центров образуемых колхозов в некоторых случаях строились новые населенные пункты, в основном эти центры размещались в крупных, уже существующих улусах и деревнях, пригодных для постоянного жительства значительной численности населения (рис. 29). Процессу оседания предшествовало всестороннее обследование местности, намечаемой под будущие центры колхозов, при котором определяющее внимание уделялось наличию источников воды; рельефу местности; отсутствию различных эпизоотических заболеваний; площади территории для размещения жилой и производственной зон; расстояниям до аймачного центра. На значительной части исследуемой территории сохранилась мелкоселенная сеть, состоящая из центральных усадеб бывших малых колхозов, удаленных от современных центров на расстояния до 30–40 км, жителей которых не успели селить во время проведения вышеуказанной компании.

Было установлено, что в начале века на исследуемой территории имелось 740 мелких улусов, 380 крупных (с площадью селитьбы около 400 кв. км), с наибольшей концентрацией вокруг дацанов, и 124 русских населенных пункта. Создание крупных бурятских пунктов

# Динамика населённых пунктов на территории Селенгинского среднегорья в XX в.

Автор к.г.н. Бешенцев А.Н.

## УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ:

- ⊕ Населённые пункты
- ⊕ Заброшенные в течение XX в.
- ⊕ Появившиеся в течение XX в.
- ⊕ С положительной динамикой населения
- ⊕ С отрицательной динамикой населения
- Границы административных районов

Лаборатория геоинформационных систем БИП СО РАН © 2008 г. www.baikalgis.com

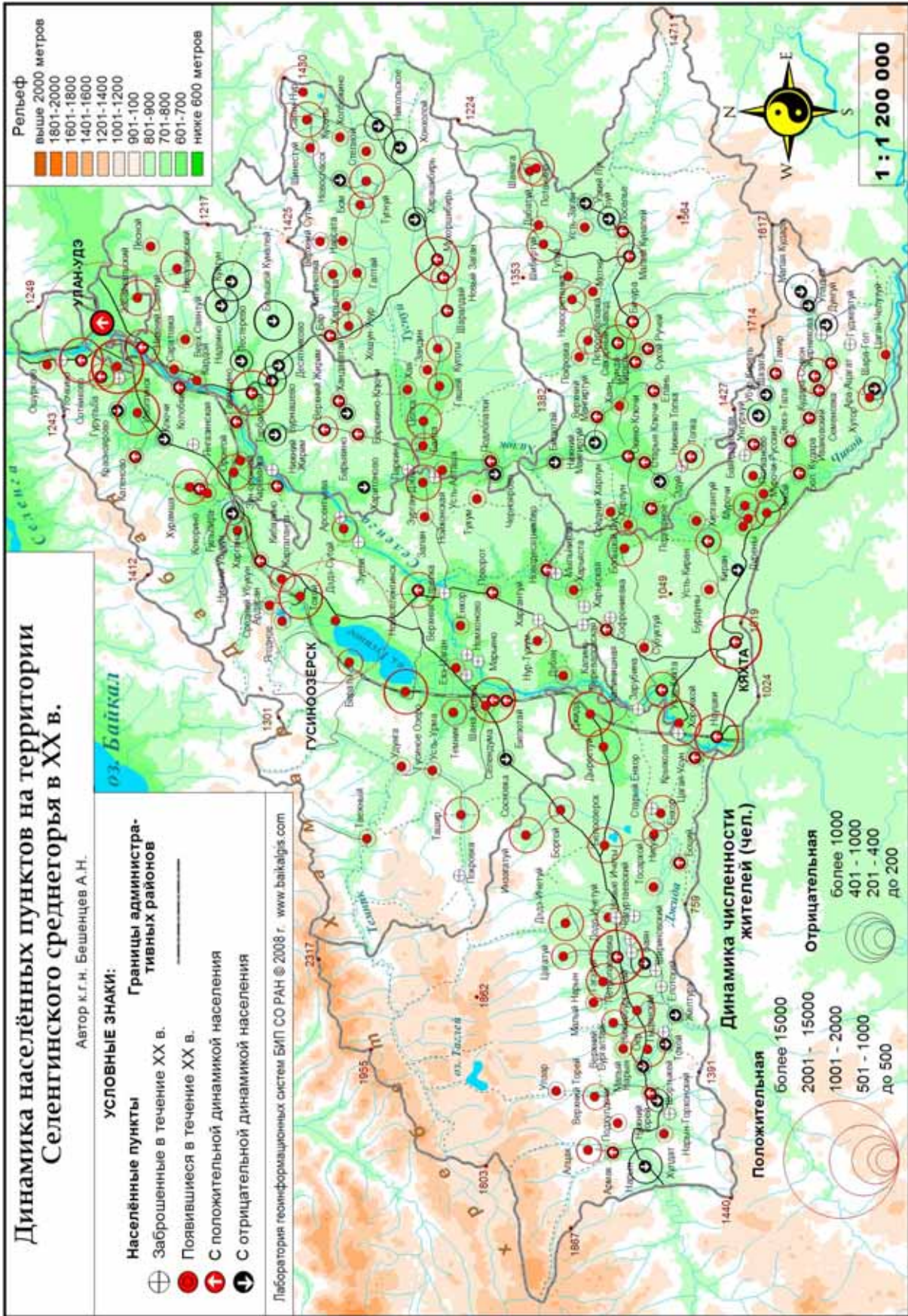


Рис. 29. Динамика населенных пунктов на территории Селенгинского среднегорья в XX в. привело к перестройке дорожной сети, появлению главных и второстепенных путей. Наибольшее число главных дорог появилось вместо изгородей, до этого отделявших угодья разных родов. Снизилась густота дорог, особенно на открытых участках, значительно сократилось число пешеходных троп. Большое значение приобрели главные транзитные дороги, особенно через перевалы. Изменение рисунка расселения населения в этот период обусловлено также строительством железнодорожной магистрали Улан-Удэ – Наушки.

В дальнейшем основополагающим фактором в упорядочении сельского расселения и формирования современного рисунка расселения исследуемой территории стала политика укрупнения сельских населенных пунктов, проводимая повсеместно в стране с конца 50-х – начала 60-х гг. с целью концентрации сельского населения для создания нормальных условий жизни, труда и отдыха. Однако последствия проведения такой политики отразились на усилении неравномерного развития разных категорий поселений.

Поселения с большей людностью являются многофункциональными, в них имеются возможности развития как производственного, так и непромышленного назначения, выше уровень обеспечения социальными услугами, в первую очередь школами и медицинскими учреждениями. В этот период и сразу после него исчезло еще 20 населенных пунктов, обострилась дифференциация поселений по социально-экономическому предпочтению. Появились пункты с отрицательной (36) и положительной динамикой численности населения (53).

В целом можно сделать вывод, что процесс расселения на исследуемой территории исключительно консервативен: возникнув в определенном месте, поселение имеет тенденцию к существованию в течение длительного исторического периода, видоизменяясь под влиянием различных социально-экономических факторов. Поэтому ожидается сохранение сложившихся систем расселения южной Бурятии при развитии межселенной транспортной сети.

До присоединения Забайкалья к Российскому государству ландшафты исследуемой части бассейна подвергались внешнему воздействию главным образом при пастьбе скота, так как земледелие у коренного населения имело незначительное распространение, к тому же оно концентрировалось в пределах локальных увлажненных местностей. Распашка земель производилась в урочищах, для которых возможное проявление эрозионных процессов было нехарактерным. Доказательством этому служит сохраняющаяся в течение столетий пахотная форма землепользования вблизи старинных сел.

Земледельческая колонизация развернулась с низовьев Селенги вверх по Уде, Хилку и Чикою. Первое время переселенческий фонд составлял 33750 десятин земли, а в дальнейшем он вырос. Возрастание притока переселенцев объясняется вводом в действие в 30–40-х гг. XVII в. Сибирского тракта. От Верхнеудинска тракт делился на две ветви, идущие на восток и юг. Сибирский тракт позволил переместить широтные экономические связи Сибири к югу, в более ценные для сельского хозяйства лесостепные районы, способствовал их скорейшему заселению и освоению.

Такое усиленное заселение края привело к созданию здесь развитого земледельческого хозяйства и одновременно внесло изменения в старые отрасли местного хозяйства. В зависимости от природных и экономических условий, в частности от плодородия почвы, близости к русским земледельческим селениям и рынкам, развитие земледелия по отдельным бурятским аймакам происходило неравномерно. Среди забайкальских бурят хлебопашеством занималась лишь одна треть населения. «Всего в бурятских ведомствах Забайкалья было засеяно в 1834 году 34164 десятины» [История БАССР, 1954]. Буряты возделывали в основном зерновые (ярицу, пшеницу), а также в незначительных размерах огородные культуры (картофель, овощи).

Освоение целинных и залежных земель привело к большим сдвигам в сельском хозяйстве и к сильному расширению посевных площадей. Анализ разновременных картографиче-

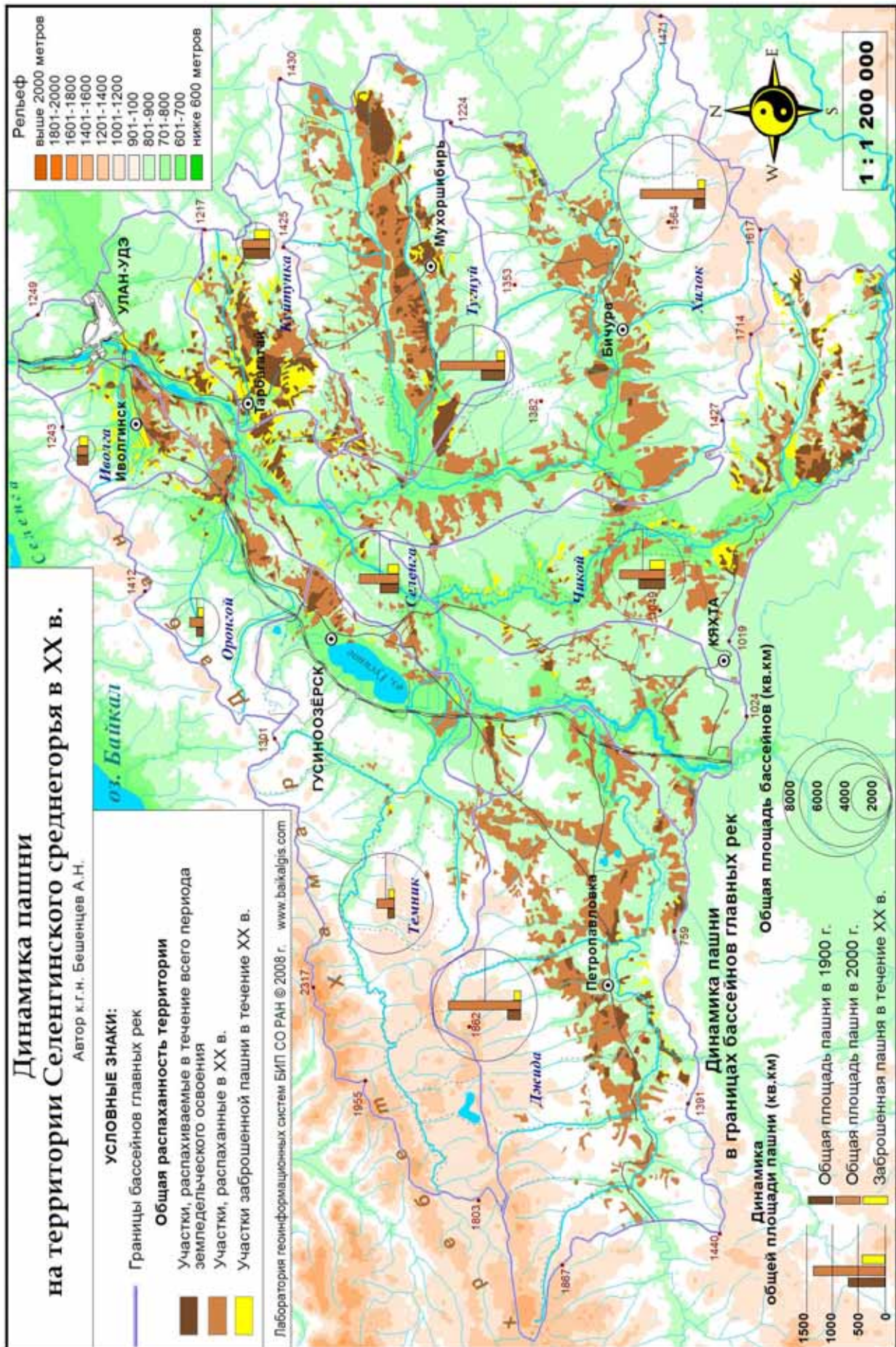


Рис. 30. Динамика площадей пашни на территории Селенгинского среднегорья в XX в

ских источников (рис. 30) показывает, что наибольшие площади были распаханы в период 1958–1972 гг.

Всего за 1954–1975 гг. на исследуемой территории было распахано 514 тыс. гектаров новых земель, в том числе в 1954–1960 гг. – 332 тыс. га, или 65% целины [Шмулевич, 1985]. В административных районах исследуемой территории было распахано: Джидинский район – 81 тыс. га, Мухоршибирский – 46 тыс. га, Селенгинский – 38 тыс. га, Кяхтинский – 34 тыс. га, Хоринский – 29 тыс. га, Бичурский – 28 тыс. га, Кижингинский – 28 тыс. га, Улан-Удэнский – 23 тыс. га, Заиграевский – 21 тыс. га. В результате освоения новых земель площадь пашни в обработке во всех категориях хозяйств увеличилась на 54%, но урожайность зерновых культур в южной части бассейна существенно не изменялась, и рост производства зерна достигался преимущественно за счет расширения посевных площадей. Если за 1956–1960 гг. в среднем в год было получено 311,8 тыс. т зерна с посевной площади 366,8 тыс. га, то в 1971–1975 гг. среднегодовой валовой сбор зерна с площади 542 тыс. га составил 510 тыс. т. Урожайность зерновых за эти годы повысилась с 8,5 до 9,4 ц/га.

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 природных ландшафтов.

#### **4.2.3. Трансформация природных ландшафтов**

Большинство хозяйств, распахавших и освоивших под зерновые и кормовые культуры целинные и залежные земли, достигли положительных результатов в росте производства сельскохозяйственной продукции. Однако в ряде местностей неверная оценка природных условий и сплошное распахивание равнинных территорий, межгорных понижений привели к появлению эрозионных процессов, ареалов антропогенных пустынь и подвижных песков. При этом не во всех урочищах была учтена природная сложность пространственного строения дневной поверхности в засушливых и дефляционно-опасных условиях степных понижений. Существовавшая здесь тонкая и хрупкая почвенно-растительная прослойка между мощными толщами рыхлых отложений и весьма динамичными атмосферными процессами регулировала потоки вещества и энергии в геосистемах и являлась стабилизатором их интенсивности и гарантом целостности природной среды. Изменение традиционных форм хозяйствования, с переориентацией преимущественно на растениеводство, привело к увеличению площади пахотных земель в результате распахивания именно песчаных эрозионно-неустойчивых почв.

Земледельческое природопользование требовало обширных пространственных ресурсов, что обусловило сведение лесного покрова на значительной территории Селенгинского среднегорья (рис. 31). С распашкой природных ландшафтов и сведением лесного покрова на исследуемой территории была изменена структура земельных угодий, значительно увеличилась площадь пашни, причем за счет распашки легких песчаных и супесчаных почв. В основном были распаханы пологосклоновые делювиально-пролювиальные сухостепные и равнинные террасовые песчано-супесчаные сухостепные котловинные урочища (рис. 32).

Сокращение площади пастбищных угодий в результате внедрения земледелия привело к интенсификации использования пастбищ и, как следствие, вызвало специфические изменения в растительном покрове ландшафтов исследуемой территории [Гомбоев, 2006]. В целом засушливые межгорные котловины оказались объектами прямого изменения характера протекающих в их биоте природных процессов.

Геоинформационный анализ разновременных геоданных показывает, что участки ветровой и водной эрозии на исследуемой территории появились почти одновременно с подь-

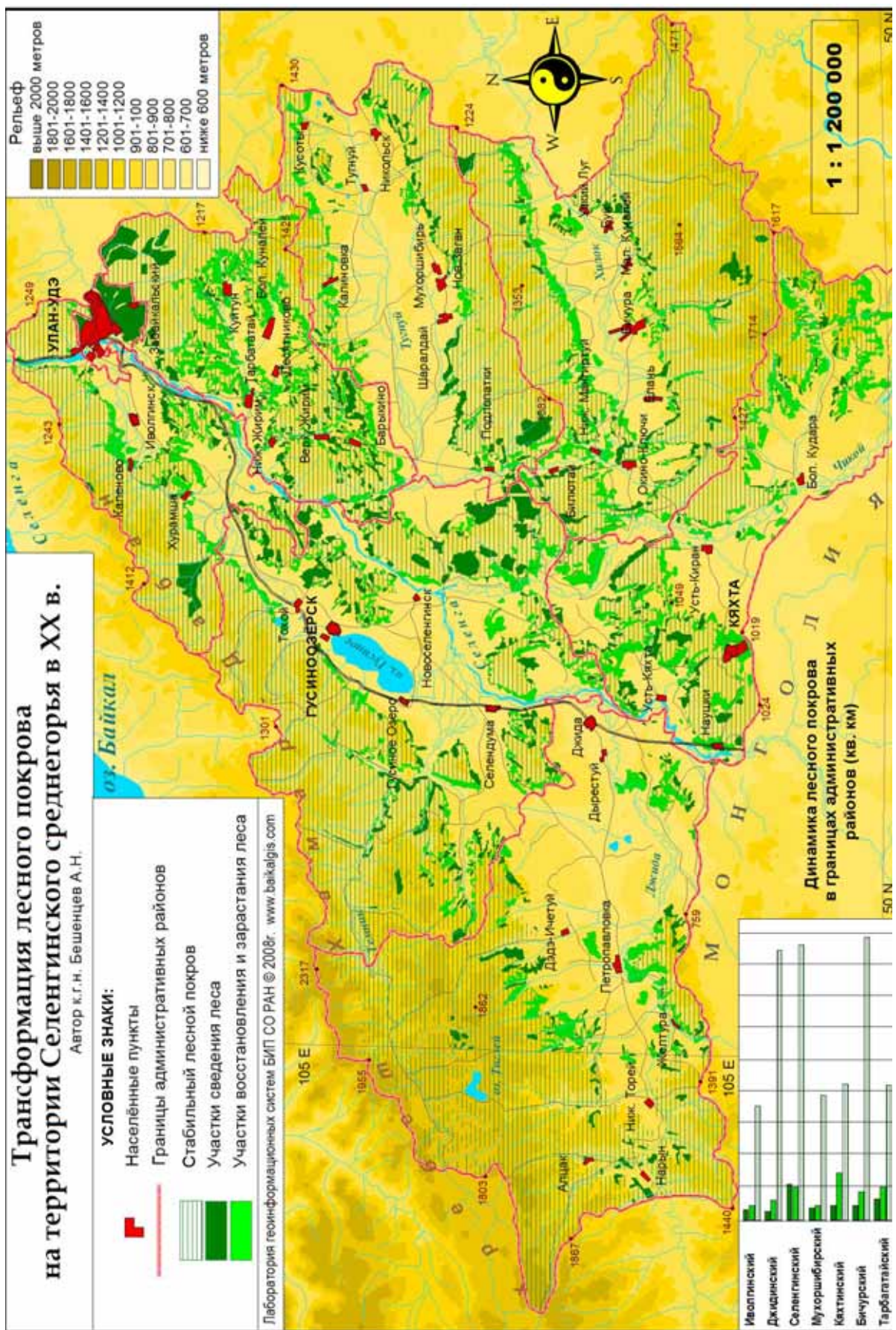


Рис. 31. Трансформация лесного покрова на территории Селенгинского среднегорья в XX в.

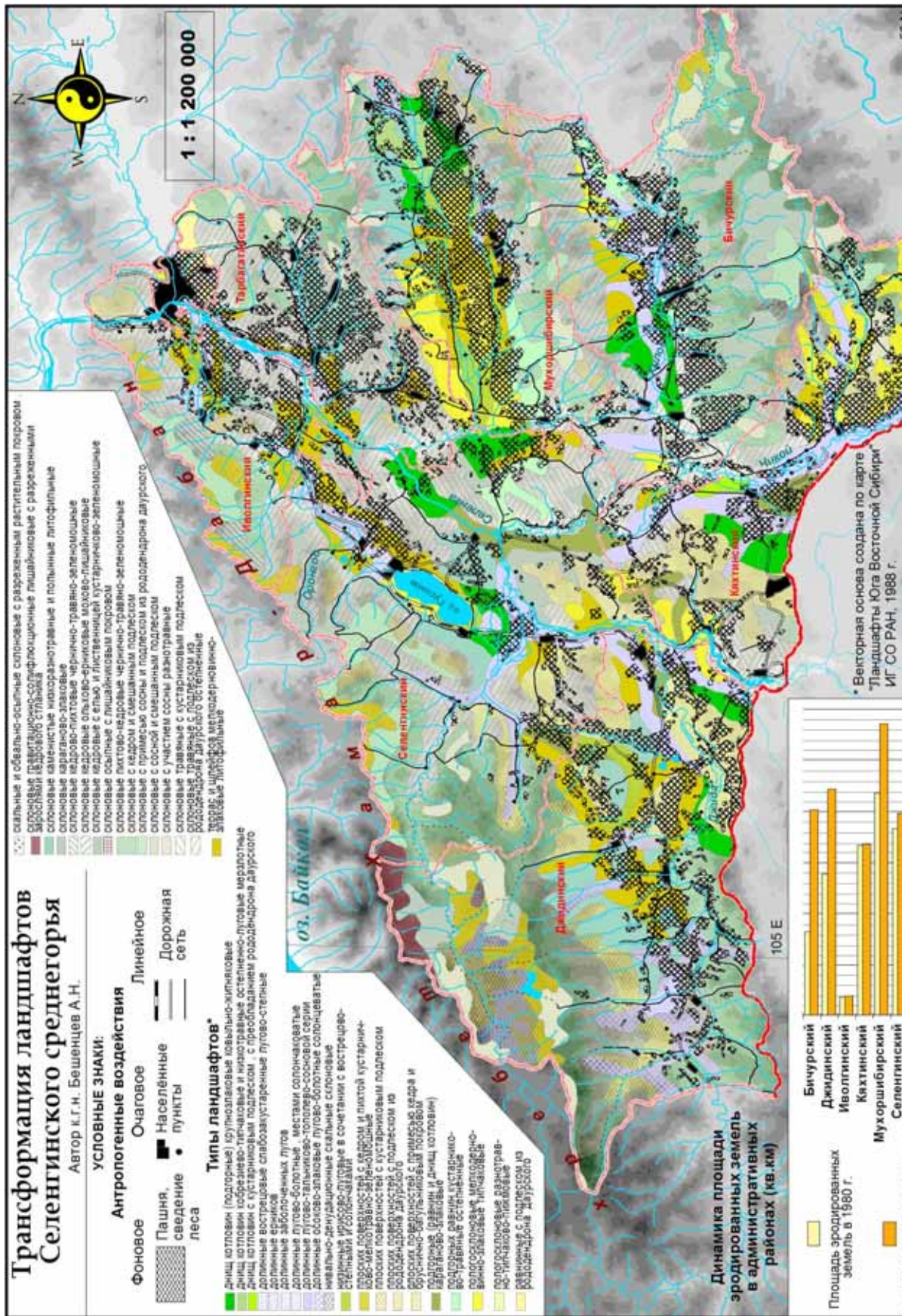


Рис. 32. Трансформация ландшафтов на территории Селенгинского среднегорья в XX в.

емом целины, но активизация эрозионных процессов началась после 1980 г. [Дамбиев и др., 1993]. Сейчас такие ареалы являются особенностью многих распаханых и распахаемых территорий, не защищенных от их проявления естественными или искусственными способами. Ветровая эрозия преобладает в засушливых местностях днищ межгорных котловин на рыхлых отложениях. На большей части исследуемой территории на степных и сухостепных ландшафтах участки проявления эрозионных процессов особенно характерны для пашни.

Геоинформационный мониторинг хозяйственного освоения позволяет сказать, что существенное увеличение площадей дефлированных земель на исследуемой территории произошло в 80–90-х гг. прошлого века. Наиболее значительно ареалы дефлированных земель увеличились на сельскохозяйственных угодьях Мухоршибирского (более чем на 40%) и Бичурского (более чем на 30 %) районов. Сельскохозяйственная деятельность в названных районах в 80-х гг. характеризовалась сильной интенсификацией, поэтому довольно быстрое расширение площадей нарушенных сельскохозяйственных земель в них обусловлено антропогенными факторами.

Наряду с ветровой до 25–35 % деструкционных процессов обусловлено водной эрозией, которая развивается большей частью на горных участках лесостепных и частью степных ландшафтов, где выпадает значительное количество атмосферных осадков. В таких местах почвенный покров, лишенный естественной защиты, под влиянием временных водотоков, часто ливневого характера, интенсивно разрушается. Главным проявлением водной эрозии являются овраги. Лесостепи охвачены овражной эрозией в наименьшей степени, хотя количество осадков здесь относительно высоко. Это объясняется сохранившимися участками леса, которые способствуют гашению гидродинамической энергии водного потока. Наиболее интенсивно эрозионные процессы проявляются в лесостепных ландшафтах на пашнях, сформированных на лессовидных породах легкого гранулометрического состава [Тармаев и др., 2004].

Совмещение разновременных цифровых слоев динамики пашни и современной эродированности сельскохозяйственных угодий позволило выявить и пространственно зафиксировать ареалы концентрации участков деградации земной поверхности (рис. 33). Такие участки наблюдаются в хозяйствах, близко расположенных к р. Селенге, а также на давно распахаваемой территории и в хозяйствах, имеющих значительные площади пашни. Формирование участков деградации земной поверхности обусловлено совпадением пика ветрового режима с наиболее засушливым периодом (апрель–май–июнь), а также низкой степенью лесистости исследуемой территории. Наиболее тесная связь между динамикой пашни и активизацией сопровождающих ее эрозионных процессов проявляется в южных районах исследуемой территории, и особенно в Джидинском, ландшафты которого подверглись распашке только в XX в.

Возможности расширения площади сельскохозяйственных угодий в регионе практически исчерпаны, поэтому сохранение и увеличение продуктивности земель возможно лишь путем оптимизации их использования, и в первую очередь путем такой организации аграрного природопользования, которая предотвращала бы антропогенные и снижала природные предпосылки опустынивания. Для этого необходима разработка схемы агроландшафтного зонирования территории и составление общего плана землепользования, предусматривающего строгое соблюдение принципов дифференцированного подхода к использованию пашни в связи с разной степенью тепло- и влагообеспеченности, подверженности ветровой и водной эрозии; максимальную биологизацию земледелия, оптимальное использование органических удобрений. При этом большое значение имеет учет оптимальных размеров технологически целесообразных рабочих участков пашни. Для локализации и закрепления очагов эрозии необходимо осуществить перевод части эродированной пашни в луга и пастбища с одновременным об-



лесением песков, оврагов и других нарушенных земель, а также изменить структуру пастбищной нагрузки на природные ландшафты.

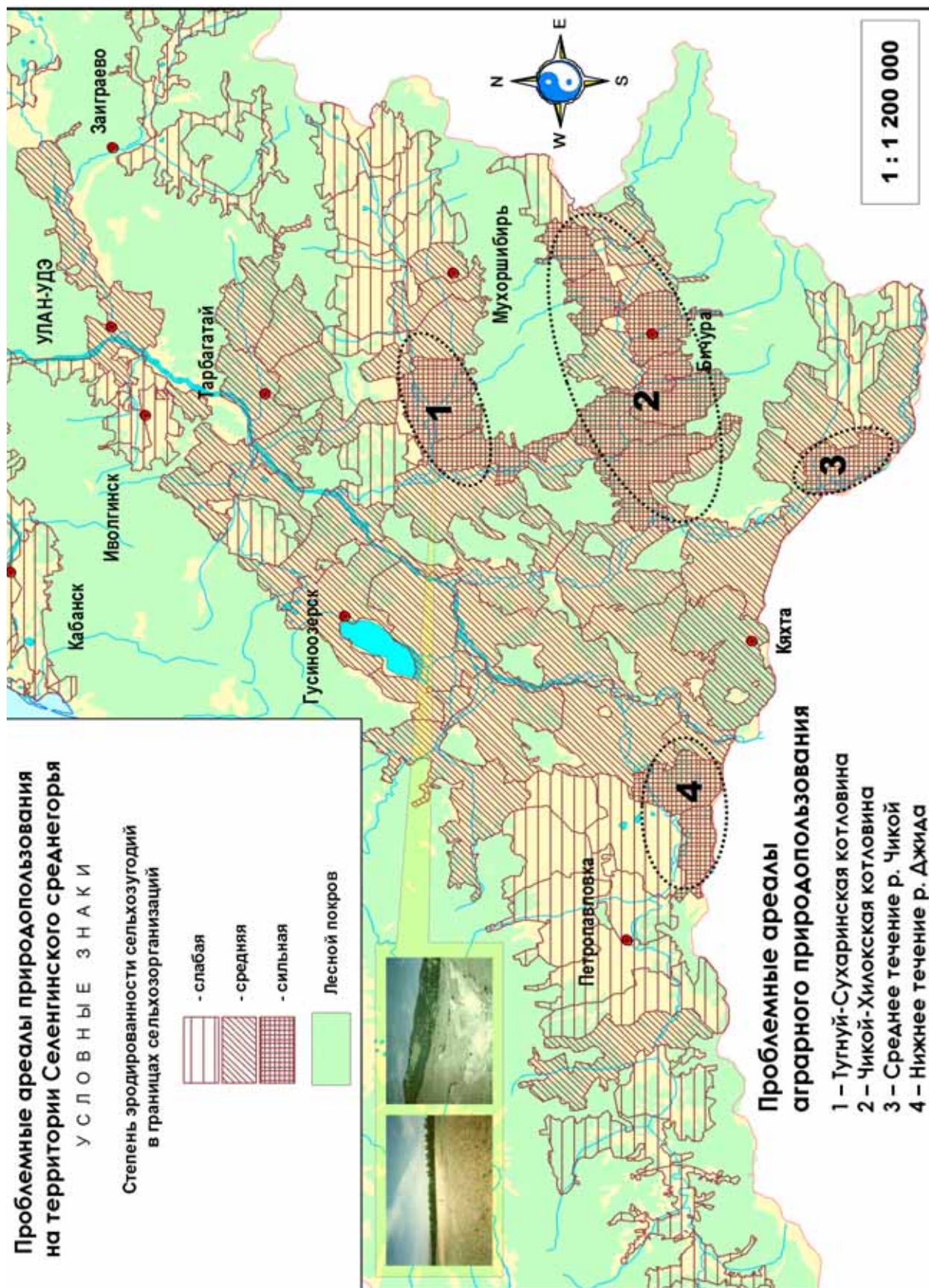


Рис. 33. Проблемные ареалы природопользования на территории Селенгинского среднегорья

Изменения в структуре земельного фонда на исследуемой части бассейна озера Байкал по категориям за последнее время характеризуются уменьшением площади земель сельскохозяйственного назначения, промышленности, лесного фонда при увеличении площадей земель особо охраняемых территорий, городских, поселковых и сельских органов власти, а также земель запаса. В последнее время в целом по всей исследуемой территории прослеживается уменьшение площадей пахотных земель и увеличение доли залежей, сокращение размеров эрозионных ареалов и восстановление леса, что можно оценивать как тенденцию перехода от преобразовательной динамики к восстановительной.

#### **4.3. Геоинформационная оценка процессов почвообразования на территории дельты р. Селенги**

Территория дельты р. Селенги является одним из наиболее освоенных участков бассейна оз. Байкал и важным сегментом экономического и социального пространства Забайкалья (рис.34).

В физико-географическом отношении эта часть земной поверхности представляет собой территорию Усть-Селенгинской впадины, которая, как и другие равнинные области тектонических погружений, долин нижнего течения и дельт рек, является областью аккумуляции механических и растворенных продуктов. В этом районе наиболее ярко проявляются сейсмотектонические и другие эндогенные явления, характеризующие активность современных геологических процессов.

Река Селенга является одним из основных источников поступления в озеро загрязняющих веществ. В районе дельты наиболее явно проявляются изменения уровня озера в связи с природными и антропогенными процессами, связанные с деятельностью Иркутской ГЭС. Пропуская по своей территории основной водный поток, пополняющий объем оз. Байкал, дельта р. Селенги выполняет функции естественного биогеофильтра. Однако положительная роль водных, почвенных и растительных экосистем дельты в их средообразующем и средоохранном аспектах существенно ослаблена хозяйственной деятельностью.

Дельта и прилегающий участок поймы р. Селенги имеют важное значение для проживающего здесь населения. Водный режим реки в основном определяет характер местного природопользования. В прибрежной части дельты ведется промышленный лов рыбы, в водноболотных угодьях – промысел ондатры, очень высок уровень концентрации сельскохозяйственных угодий в пойме Селенги, прилегающей к устью. Вблизи дельты расположены крупные населенные пункты, в которых в 2002 г. проживало 20, 5 тыс. человек (по переписи 1989 г. – 21, 6 тыс. человек), занятых в основном в сфере сельскохозяйственного производства. Общая площадь сельхозугодий – 68,2 тыс. га (61% дельты), из них пашня – 45,1, сенокосы – 13,2, пастбища – 9,9 тыс.га. На территории дельты выпасается около 10 тыс. голов крупного рогатого скота. Интенсивность эксплуатации сельхозугодий в районе дельты самая высокая в Республике Бурятия.

Поскольку исследуемый участок земной поверхности практически не обладает собственными поверхностными водными ресурсами, для хозяйственно-питьевых нужд используются ресурсы подземных вод. Таким образом, анализ процессов аккумуляции и почвообразования на этой территории является актуальной задачей.

Площадь непосредственно самой дельты Селенги составляет 546 км<sup>2</sup> [Ресурсы., 1973]. Она начинается у с. Жилино и имеет форму треугольника с вершинами у сел Истомино и Дубино. Некоторые ученые [Богоявленский, 1974] за дельту принимают территорию, имею-

щую форму треугольника с вершинами у с. Никольское, с. Посольск и мыса Облом. При этом площадь дельтовой части увеличивается до 1120 км<sup>2</sup>.



Рис. 34. Современное природопользование на территории дельты р. Селенги

По способу образования устьевая территория р. Селенги является дельтой выдвинутого типа [БСЭ, 1978]. Выдвинутый участок дельты представляет собой аккумулятивную поверхность с перепадами относительных высот межрусловых повышений и прирусловых валов до 2 м. Территория ниже 456 м в наибольшей степени подвержена нагонным явлениям и колебаниям уровня озера и представляет собой динамичную периферическую часть дельты с непостоянным урезом воды. На выдвинутом участке дельты происходит деление основного русла на протоки (рис. 35)

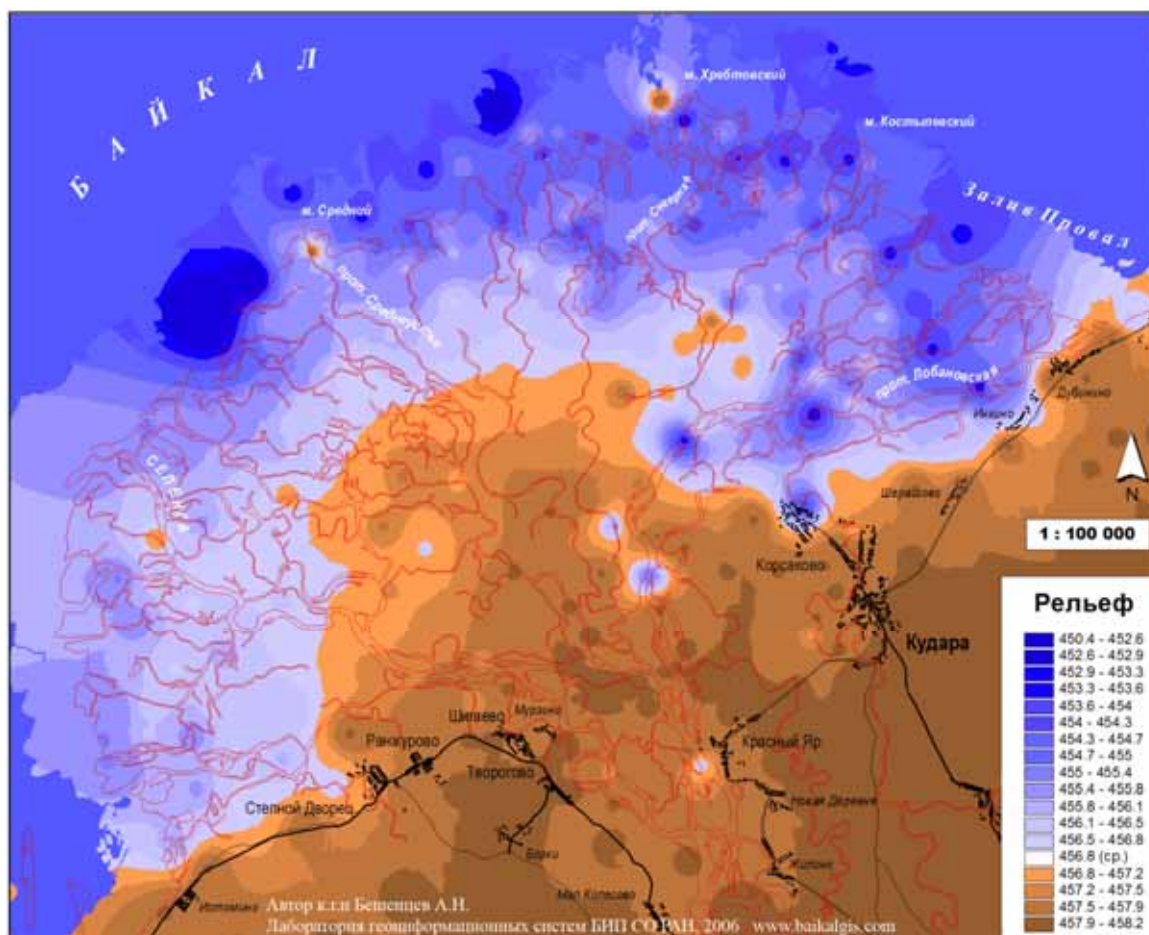


Рис. 35. Модель рельефа территории дельты р. Селенги

Анализ модели рельефа позволяет сказать, что современное закрепление аллювия наиболее активно происходит в западном секторе, где поток несет основное русло, протоки Среднеустье и Галутай. По причине возвышения этой территории, как следствия Творогово-Истокского поднятия, здесь происходит значительное понижение скорости водного потока и активная аккумуляция веществ.

При сравнении гипсометрических отметок на разновременных картах выявлено [Ильичева и др., 2006], что в северной части дельты подъем поверхности в результате аллювиальных процессов составляет в среднем + 0,3 – 0,6 м за 20 лет. Центральная часть характеризуется незначительным приростом территории, преимущественно в зоне среднего течения, до + 0,2 м за тот же период. Наиболее значимо повышение поверхности в южной части дельты, ближе к урезу озера и составляет + 0,3 – 1 м за 20 лет.

Территория северо-восточной части дельты имеет понижение вдоль протоки Лобановской и способствует высокой скорости перемещения взвешенных веществ и выносу аллювия

в залив Провал. Скоростное поле водного потока также дифференцировано по территории дельты. Для северных проток распределение скорости потока имеет равномерный характер, постепенное снижение от 1,4 м/сек в точке разветвления основного русла до 0,2 – 0,4 м/сек в устьях проток. Скорости в центральных протоках изменяются в истоках и на средних участках от 1 м/сек до 0,5 м/сек. (рис. 36).

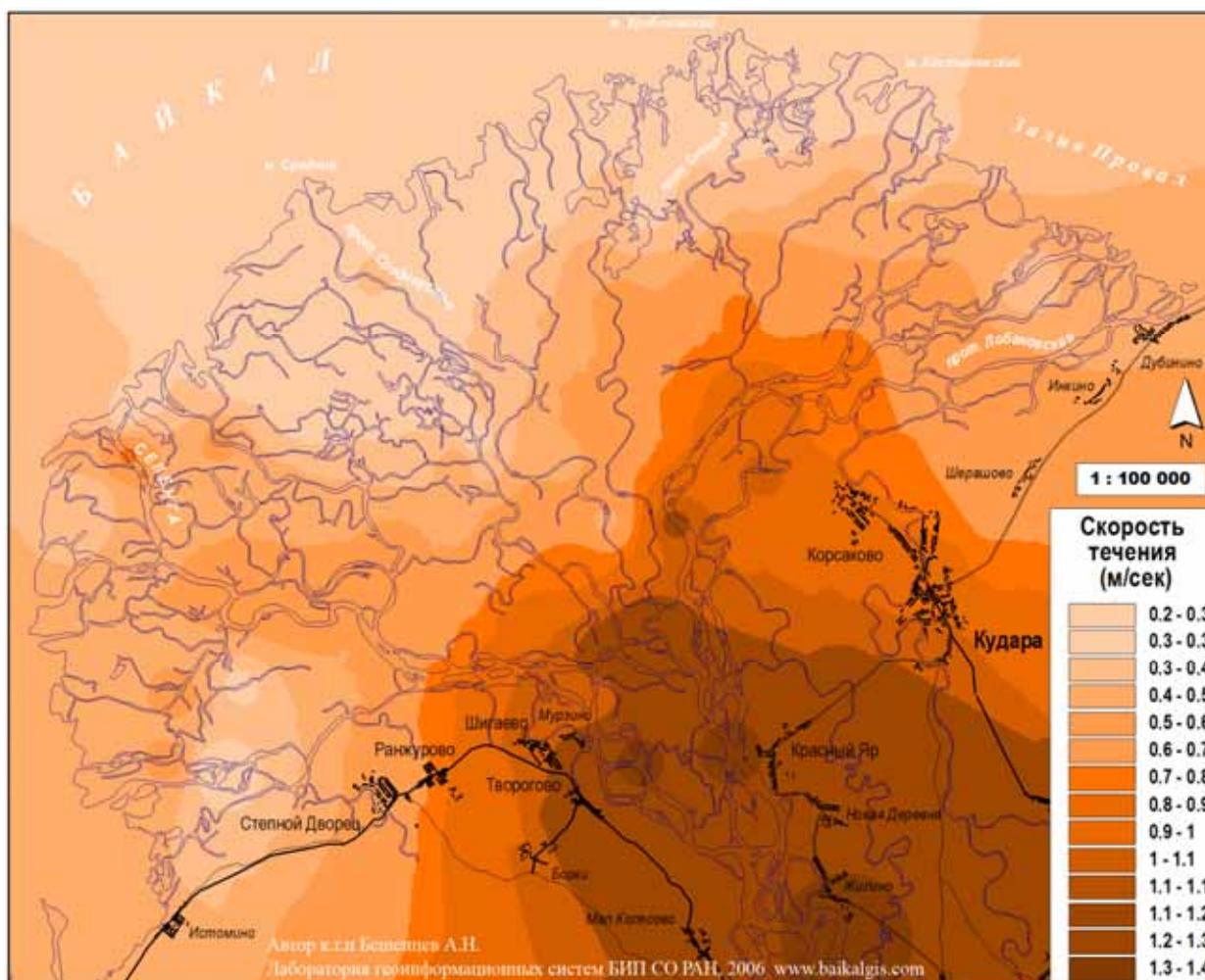


Рис. 36. Модель распределения скорости водного потока на территории дельты р. Селенги

Основываясь на геоморфологических признаках территории, Б.А. Богоявленский [1974] выполнил районирование дельты р. Селенги, разделив ее территорию на 4 подрайона. Соответственно, он же выделил три типа урочищ: прибрежный, пойменный и террасовый. Это районирование в большей мере характеризует высотную дифференциацию территории. Для определения пространственной структуры территории дельты необходимо зафиксировать плановые границы ее отдельных геоморфологических элементов. В результате анализа разновременных картографических и аэрокосмических материалов на территории дельты были определены параметры геоморфологических объектов и установлено их значение в аккумуляции веществ и процессе современного почвообразования [Гынинова и др., 2007] (рис. 37).

Вещества на территорию дельты приносятся водами Селенги, малыми реками и временными потоками с обрамляющих впадину хребтов Хамар-Дабан и Морской и выклинивающимися подземными водами. Они вовлекаются в почвообразование и закрепляются в различных горизонтах почв. В аккумулятивном горизонте идет накопление органического вещества. В

зависимости от направленности почвообразования накопление различных веществ на территории впадины происходит неравномерно.

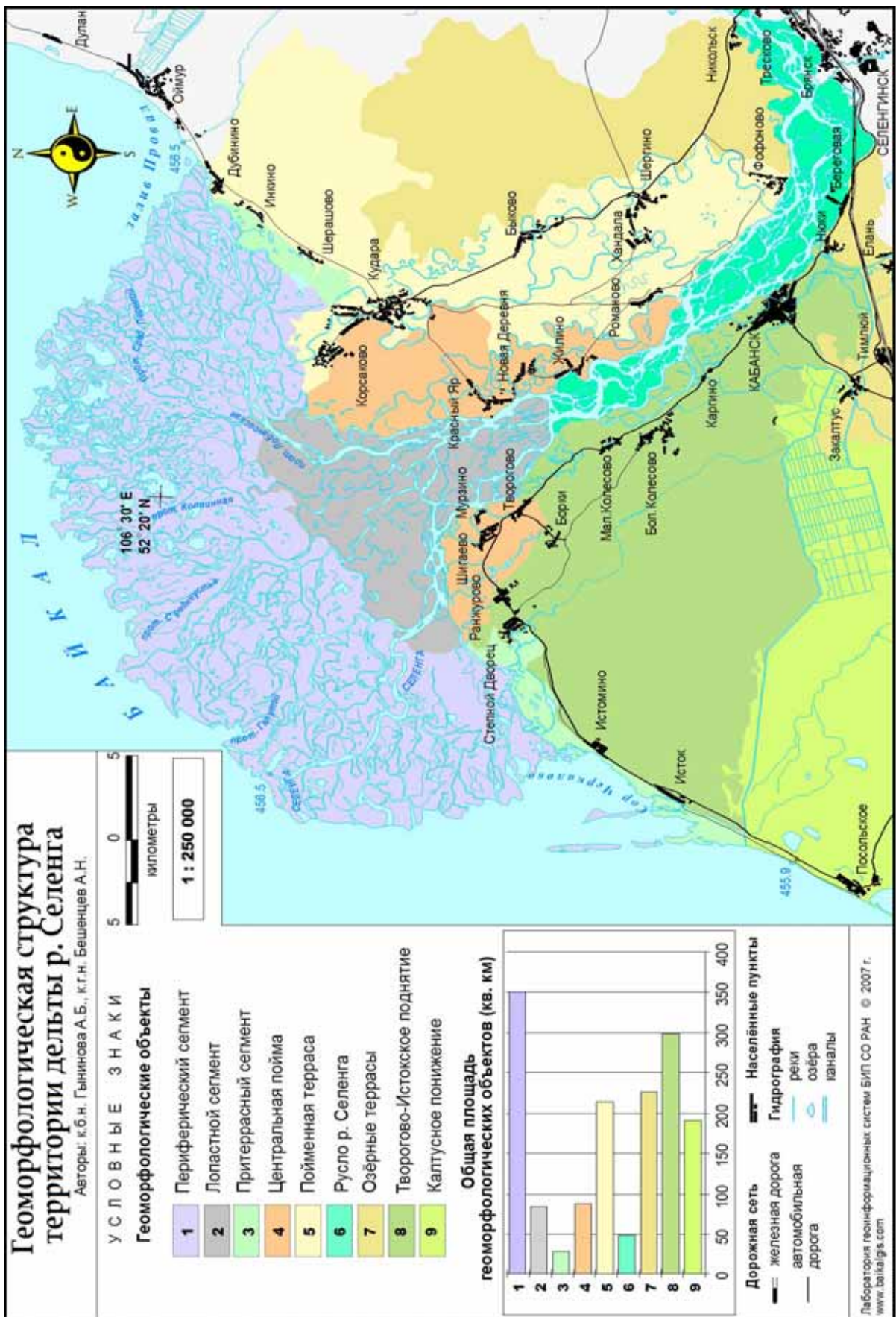


Рис. 37. Геоморфологическая структура территории дельты р. Селенги

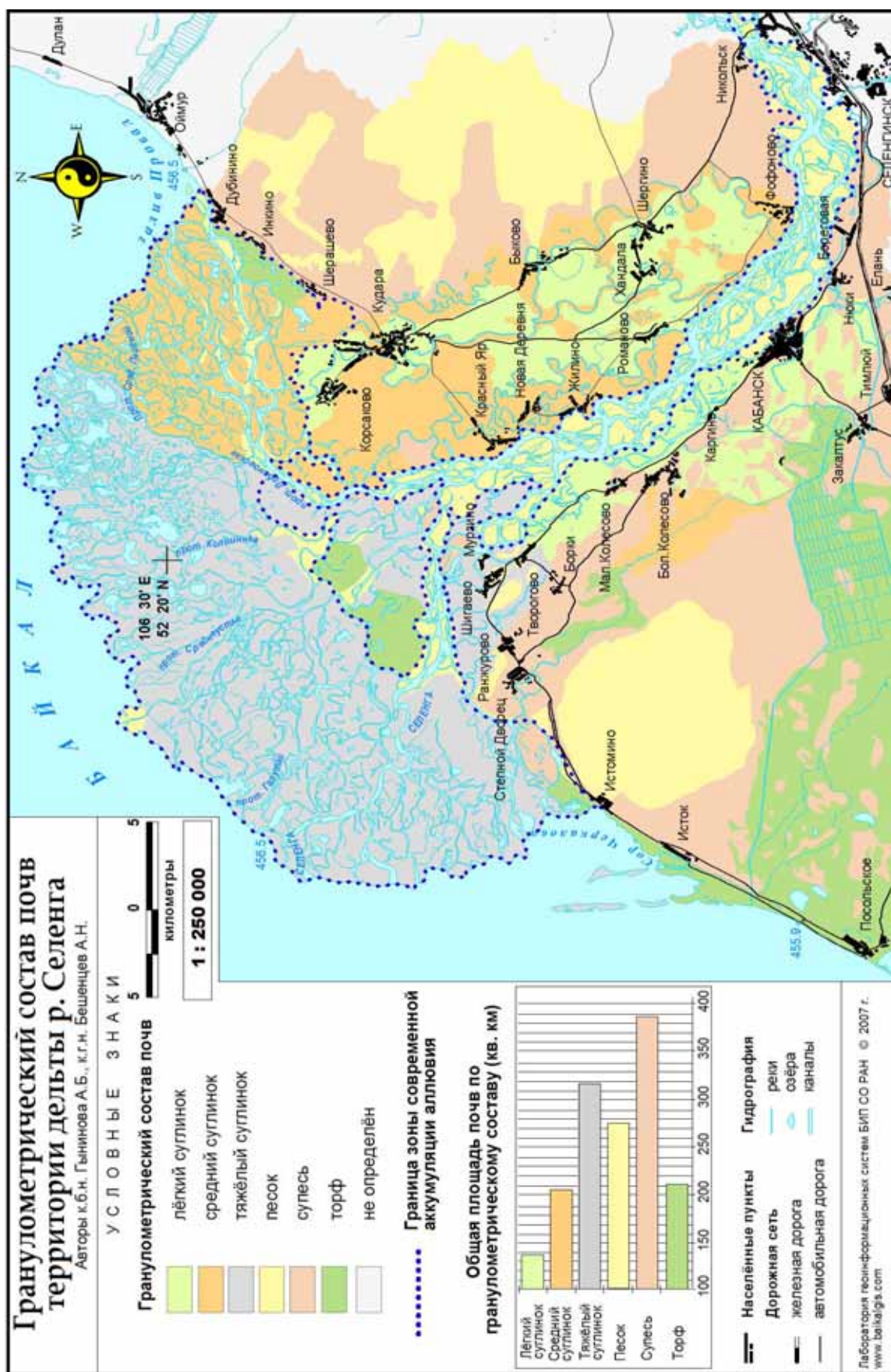


Рис. 38. Гранулометрический состав почв территории дельты р. Селенги

Аккумуляция аллювия и закрепление его в процессе вовлечения в почвообразование характерны для островов русла р. Селенги и периферического сегмента дельты. Накопление аллювия наиболее интенсивно происходит в периоды наводнений, когда уровень воды в дельте повышается по сравнению с меженными на 1–1,5 м, а в русле Селенги и главных протоков – на 2–2,5 м, затапливая часть русловых островов и островов периферической части дельты. Скорость течения вод Селенги, составляющая 1,4 м/сек в меженный период, в паводки увеличивается до 1,7 м/сек, при этом мутность воды возрастает от 13–19 до 54 г/л.

Данные гранулометрического состава верхнего 20-сантиметрового слоя почв показывают неоднородность отложения аллювия в различных участках дельты (рис. 38). В северо-восточной части прирусловые валы имеют преимущественно песчаный состав, что свидетельствует о большей скорости водных потоков этого направления. На формирование прирусловых валов большое влияние оказывает растительность. В зарослях гидрофитов вода теряет скорость, при этом основная часть взвешенного материала оседает в прибрежной части. В пониженную часть островов через прирусловые валы вода поступает лишь при очень высоких паводках, при этом в понижениях накапливаются илисто-пылеватые фракции.

Западная часть дельты в пределах протоков Игнатыха и Галутай выдвигается в озеро с меньшей скоростью, а северная – между протоками Среднее устье и Северная – находится в динамическом равновесии в отношении роста, что свидетельствует о слабой несущей силе проток этих направлений, в связи с этим здесь формируются суглинистые и глинистые отложения. Характер отложения наносов отражается в строении профилей почв островов.

Таким образом, на механическом барьере в затапливаемой части дельты (периферический сегмент и прирусловые повышения) происходит активная аккумуляция аллювия и закрепление его в процессе почвообразования. На прирусловых повышениях северо-восточной части и в русле р. Селенги в основном накапливается песчаный материал, в центральной части островов, а также в западном и северном секторах – глинистый и суглинистый.

Аккумуляция веществ характерна для любых почв. Наибольшее накопление характерно для углерода. Аккумуляция органического вещества зависит от продуктивности фитоценозов и направленности преобразования растительных остатков [Гынинова и др., 2006]. На озерных террасах и аллювиально-эологенных буграх формируются почвы лесного типа: серые лесные, дерновые лесные и дерново-боровые. Среди них наиболее активно гумус накапливается в серой лесной почве (37,78 т/га). В дерново-лесных и дерново-боровых почвах аккумуляция органического вещества выражена весьма слабо – 15,0 и 1,5 т/га соответственно (рис. 39).

В периферической части дельты на затапливаемых в паводки островах запасы гумуса в разных ее секторах имеют существенные отличия. Для аллювиальных лугово-болотных почв западного и северного секторов характерно значительное накопление гумуса (91 т/га), что связано с образованием органо-минеральных соединений в условиях высокой продуктивности гидрофитов и глинисто-суглинистого гранулометрического состава. В этих условиях закрепление в почве гумуса выражено слабее и запасы гумуса значительно ниже (26 т/га).

Накопление органического вещества интенсивно происходит в аллювиальных луговых почвах центральной поймы и высоких островов лопастного сегмента дельты. Запасы его в гумусовом горизонте почв составляют 86 т/га, а в центральной пойме несколько ниже – 52 т/га. В процессе формирования высокой поймы и ослабления влияния грунтовых вод на почвообразование аллювиальные луговые почвы преобразуются в аллювиальные дерновые остепняющиеся. Для них также характерно высокое содержание гумуса, что связано как с их



предшествующей луговой стадии развития, так и с современным растительным покровом, в котором преобладают степные дерновинные злаки с хорошо развитой корневой системой.

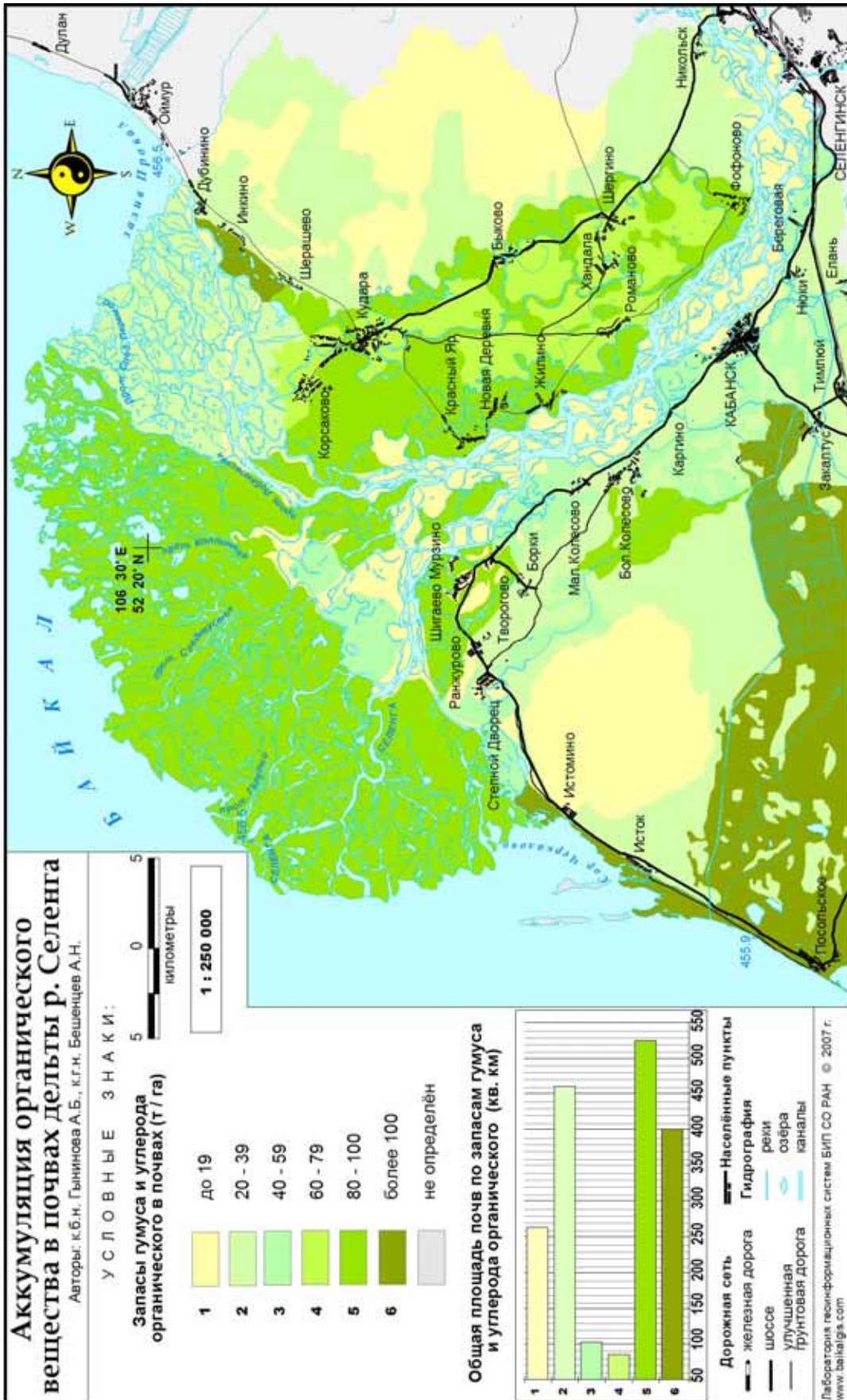


Рис. 39. Аккумуляция органического вещества в почвах территории дельты р. Селенги

Значительно меньше гумуса накапливается в аллювиальной дерновой слоистой почве лопастной дельты (19,8 т/га). Очевидно, это связано с интенсивным использованием территории в качестве пастбища. Слабо выражена также аккумуляция органического вещества в аллювиальных дерновых слоистых примитивных почвах, в которых почвообразование регулярно прерывается в паводковый период (10,2 т/га).

В болотных почвах органическое вещество накапливается в основном в виде торфа. При осушении происходит активизация процессов гумификации, одновременно аккумулируются карбонаты, что приводит к формированию гумусовых веществ в основном в виде гуматов кальция. На Калтусном болотном массиве в зависимости от мощности торфа (0,5–8 м) запасы углерода изменяются от 9,6 до 15,4 т/га. В составе гумуса торфяно-глеевых почв преобладают гуминовые кислоты, которые, соединяясь с железом, кальцием и глинистыми минералами, закрепляются в почве, образуя значительные запасы (148 т/га).

Полученные данные по запасам гумуса и углерода органического показывают, что наиболее активно органическое вещество аккумулируется в болотных низинных торфяных и торфяно-глеевых почвах Калтусного понижения. Высоки запасы гумуса в аккумулятивном горизонте аллювиальных лугово-болотных почв западного и северного секторов дельты, дерновых остепняющихся почвах высокой поймы и аллювиальных луговых почв лопастного сегмента и центральной поймы. Несколько ниже запасы гумуса в лугово-болотных почвах северо-восточного сектора периферического сегмента, почвах притеррасного сегмента и серых лесных почвах. Слабо аккумуляция гумуса выражена в аллювиальных слоистых примитивных и остепняющихся почвах, дерново-лесных почвах озерных террас и дерново-боровых почвах эоловых бугров.

Сочетание классов ландшафтов [Н, Н-Са] на террасах и Са-Fe в пойме и дельте определяет аккумуляцию типоморфных элементов железа и кальция, содержание которых сильно варьирует в зависимости от типов почв. Болотные низинные торфяно-глеевые почвы Калтусного понижения обнаруживают высокое содержание железа в торфяных, глеевых и глеевых окисленных почвах при осушении охристых горизонтов (рис. 40). Валовое содержание железа в охристых / горизонтах повышается до 4,15%, в среднем по профилю оно составляет 2,16%.

В аллювиальных лугово-болотных почвах периферической и притеррасной частей дельты содержание валового железа значительно и образует максимумы на отчетливо выраженных геохимических микробарьерах в глеевых и гумусовых горизонтах (3,22–3,68%). В аллювиальных луговых почвах, так же как и в лугово-болотных, максимум в содержании железа приурочен к гумусовым и оглееным горизонтам (2,4–3,0%), составляя в среднем по профилю 2,14–2,32%. В аллювиальных дерновых остепняющихся почвах, которые имеют отчетливые признаки луговой стадии развития, железо обнаруживается в погребенном гумусовом горизонте и в поверхностных горизонтах (2,40–3,83%).

Для аллювиальных дерновых слоистых почв характерно изменение содержания железа в различных слоях погребенных почв и аллювия. Максимальное содержание железа приурочено к гумусированным прослоям и снижается в светлых песчаных прослоях. В среднем валовое его содержание составляет 1,84–2,21%. В автоморфных почвах озерных террас и эоловых бугров содержание железа относительно невелико (менее 2%) и лишь в серой лесной почве оно достигает 2,24%. Дифференциация в распределении железа по профилю отчетливо выражена лишь в дерново-лесных почвах, в которых оно составляет 2,31%.

Аккумуляция кальция в почвах происходит в почвенном поглощающем комплексе в виде карбонатов, которые накапливаются в основном в подгумусовом горизонте, обусловленном

резким снижением содержания биоты и, соответственно, двуокси углерода (рис. 41). Карбонатными являются аллювиальные луговые и аллювиальные слоистые дерновые

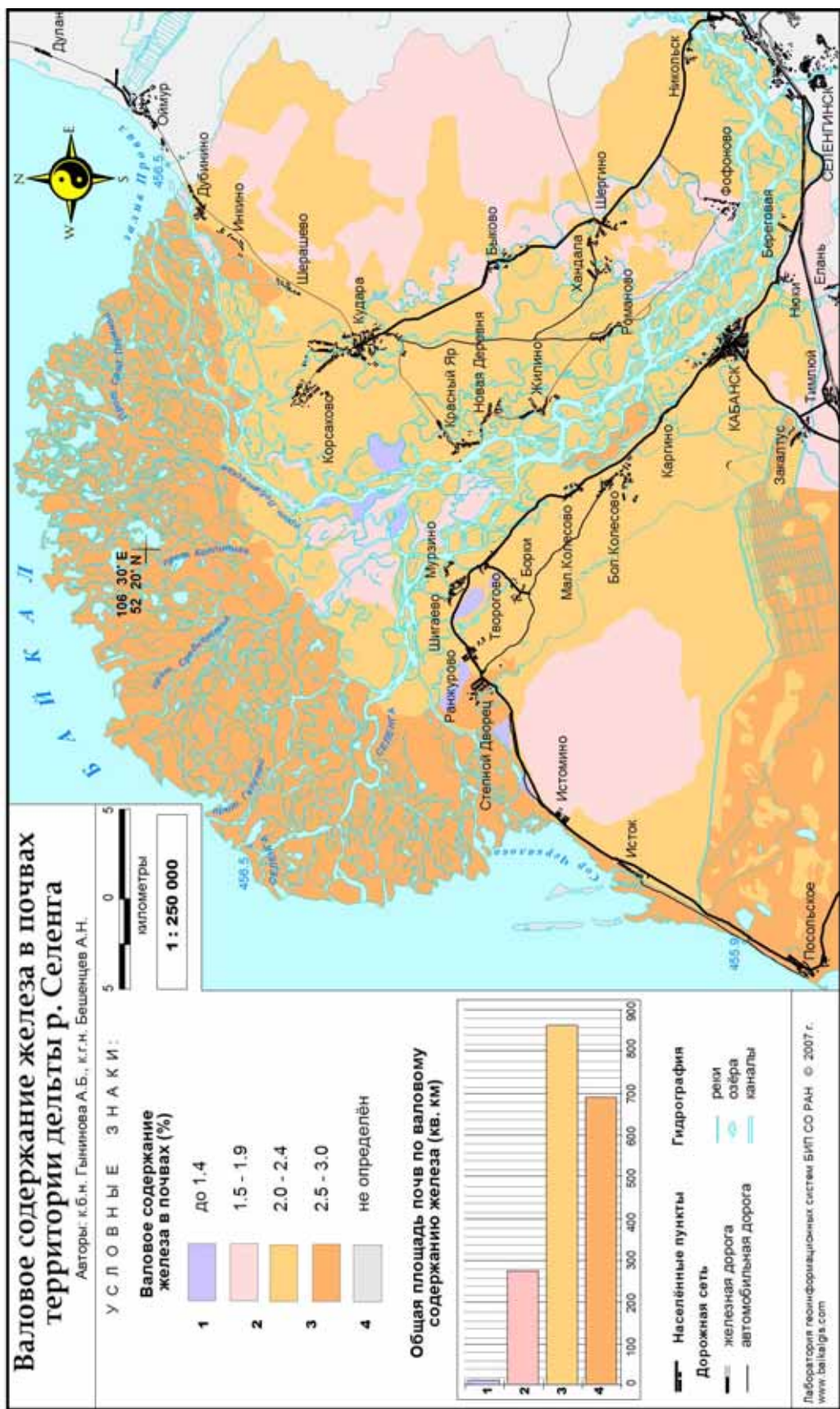


Рис. 40. Валовое содержание железа в почвах территории дельты р. Селенги

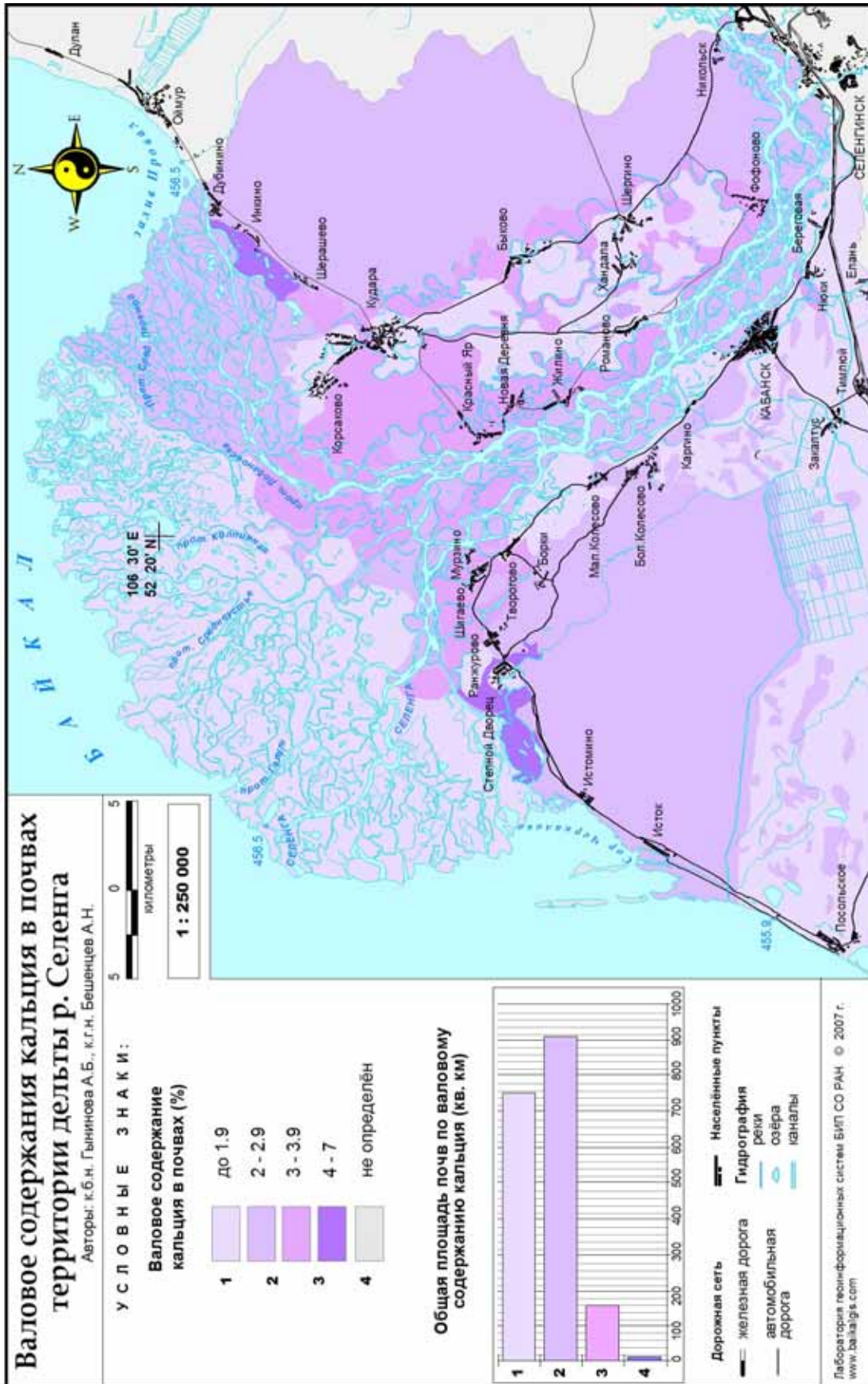


Рис. 41. Валовое содержание кальция в почвах территории дельты р. Селенги

остепняющиеся почвы лопастного сегмента дельты и центральной поймы, а также аллювиальные болотные почвы притеррасного сегмента. Для последних характерно максимальное валовое содержание кальция. Интенсивная аккумуляция кальция в аллювиальной болотной почве притеррасного понижения обусловлена тем, что кальций поступает с грунтовыми водами с озерных террас и с водами р. Шумихи. Наибольшее его содержание приурочено к подгумусовому горизонту, где оно достигает 15,74%. В остальных почвах среднее содержание кальция изменяется в пределах 1–4%. Наиболее высоким содержанием кальция среди них отличаются аллювиальные луговые почвы лопастной части дельты и центральной поймы (3,9%), в которых кальций накапливается на испарительном барьере и в подгумусовом горизонте.

В периферическом сегменте дельты относительно высокое содержание кальция характерно для почв северо-восточного сектора (2,55%), что в два раза выше, чем в почвах западного сектора. Неравномерность содержания кальция в разных секторах дельты скорее всего связана с неравномерной промывкой почв нагонными водами озера. Больше промываются почвы западного сектора. В северо-восточную часть дельты поступают гидрокарбонатно-кальциевые воды Селенги, которые дополнительно обогащаются этим элементом, проходя через территорию, занятую карбонатными почвами. К группе почв с невысоким содержанием кальция относятся почвы озерных террас, эоловых бугров, высокой поймы и Калтусного понижения. Зонами активной аккумуляции карбонатов являются аллювиальные болотные почвы притеррасного сегмента и аллювиальные луговые почвы лопастного сегмента и центральной поймы. В пределах почвенного профиля карбонаты накапливаются в основном в подгумусовом горизонте и на биогеохимическом и испарительном барьере в гумусовом горизонте.

Таким образом, в результате геоинформационной оценки аккумуляции химических веществ на исследуемой территории можно сделать вывод о пространственной структуре и качественно-количественных параметрах процессов почвообразования Усть-Селенгинской впадины (рис. 42).

Между процессами геохимической аккумуляции и направленностью почвообразования существует тесная взаимосвязь. Аккумуляция веществ на механическом барьере сопровождается закреплением аллювия в процессе вовлечения его в почвообразование. Аккумуляция аллювия песчано-супесчаного гранулометрического состава на прирусловых повышениях сопровождается формированием аллювиальных дерновых почв, на отложениях суглинисто-глинистого состава в понижениях рельефа формируются аллювиальные лугово-болотные почвы. На биогеохимическом барьере в аккумулятивном горизонте почв характерно накопление углерода в виде гумуса и торфа. Максимальная концентрация углерода органического фиксируется в торфяных болотных низинных почвах Калтусного понижения. Среди минеральных почв наибольшие запасы гумуса образуются в аллювиальных лугово-болотных и луговых почвах.

На территории дельты на озерно-аллювиальных террасах формируются почвы лесного типа почвообразования. Пойму и дельту занимает интразональный ряд аллювиальных почв. Для прирусловых эологенных бугров характерны дерново-боровые почвы. Крупные понижения рельефа заняты торфяными болотными низинными почвами.

На прирусловых валах островов северо-восточной части и на островах в русле р. Селенги на отложениях песчаного гранулометрического состава формируются аллювиальные дерновые слоистые почвы. В пониженной центральной части островов, где откладывается аллювий среднесуглинистого состава, формируются аллювиальные лугово-болотные почвы. В северном и западном секторах прирусловые повышения выражены слабо и здесь повсеместно

откладывается аллювий глинисто-суглинистого гранулометрического состава, и на этих прирусловых повышения формируются аллювиальные лугово-болотные почвы.

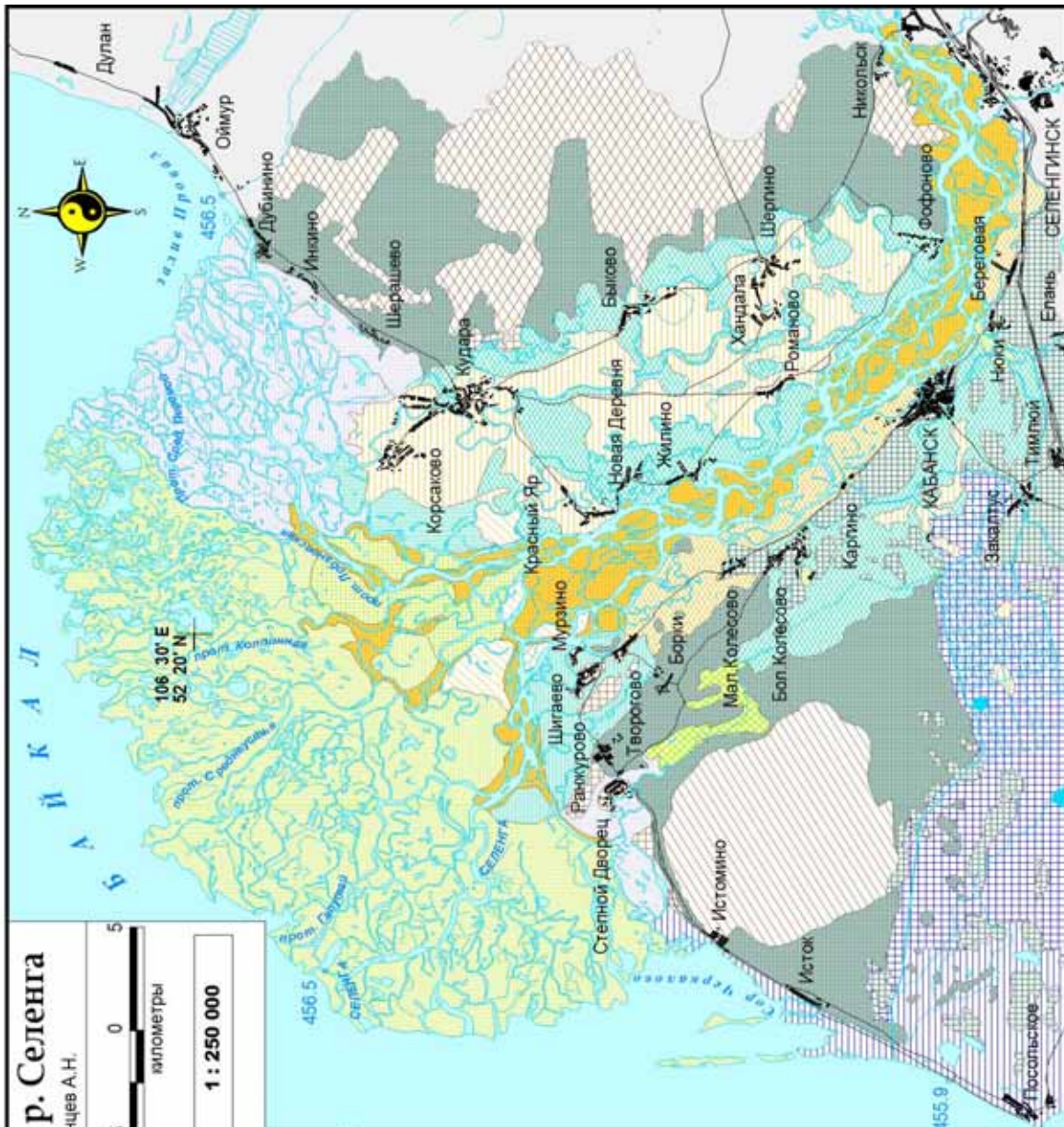
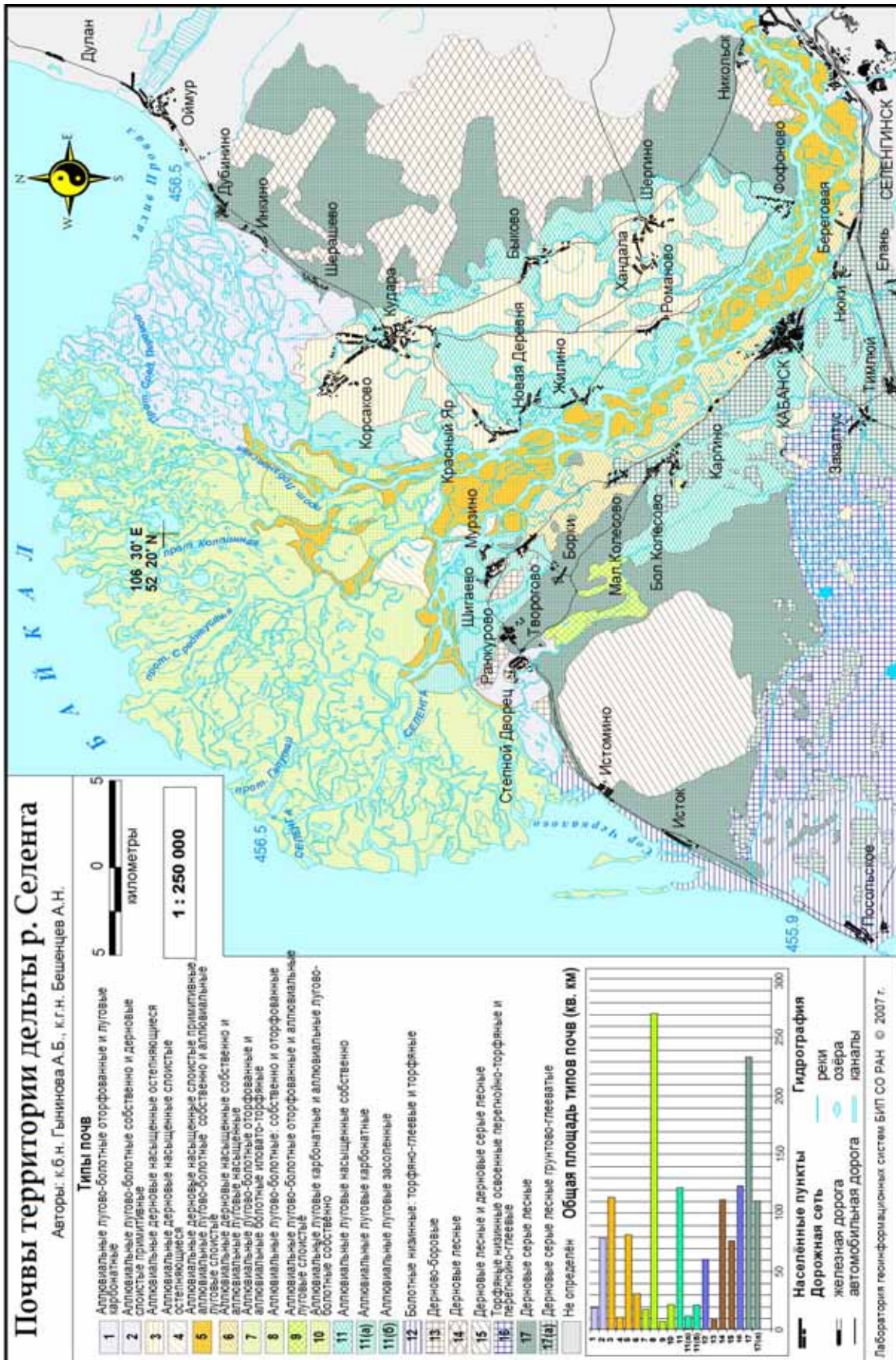


Рис. 42. Почвы территории дельты р. Селенги

Таким образом, в результате интеграции полевых методов и геоинформационного моделирования была выполнена оценка аккумуляции химических элементов на исследуемой территории, выявлены пространственно-временные инварианты почвообразования и определены метрические параметры этого процесса. В итоге была создана геоинформационная модель почвенного покрова территории дельты р. Селенги и система интерактивных запросов, позволяющие разрабатывать различные сценарии размещения объектов природопользования, главным критерием развития которых является современное почвообразование.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во второй половине XX в. практически все сферы жизнедеятельности общества оказались охваченными качественной и количественной трансформацией, связанной с развитием информационно-коммуникационных технологий. Необходимость определения фундаментальной сущности понятия «информация» и, в частности, «геоинформация» обусловила активное развитие информационных теоретико-методологических положений в науках о Земле, онтологически рассматривающих этот феномен как глобальное дифференцирующее явление, а гносеологически – как философскую категорию, характеризующуюся максимальным потенциалом обобщения.

К настоящему времени науки о Земле накопили некоторый опыт информационных изысканий, но еще окончательно не адаптировали появившиеся технические нововведения для частной методологии своих исследований. Такое положение дел во многом объясняет существование значительного количества практических разработок применения информационных технологий в географических исследованиях при отставании теоретического и в первую очередь философского осмысления сущности и значимости информационных явлений. Влияние современной геоинформационной технологии в этой области знаний, проявляющееся сегодня в новом понимании географической информации, возможности ее обработки и анализа для получения новых знаний, еще до конца не выяснено и представляет собой обширное исследовательское поле.

Определение места и значения геоинформационной технологии в методологии наук о Земле возможно лишь при анализе ее в контексте общественно-исторического развития социума. Такой подход способствует выявлению генетических аспектов ее происхождения как материального базиса научно-практической деятельности по обследованию, оценке и моделированию земной поверхности, поскольку, при всей своей новизне, эта технология является лишь результатом технического оформления всего человеческого опыта по обеспечению процесса организации территориальных структур жизнедеятельности продуктом коллективного пользования, коим является геоинформация.



### Список используемой литературы

- Алаев Э.Б. Социально-экономическая география. Понятийно-терминологический словарь. – М.: Мысль, 1983. – 350 с.
- Алексеев В.П. Становление человечества. – М.: Политическая литература, 1984. – 462 с.
- Антипов А.Н., Семенов Ю.М. Ландшафтное планирование в Прибайкалье // География и природные ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 11–18.
- Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. – М.: Мысль, 1975. – 287 с.
- Арманд Д.Л. Географическая среда и рациональное использование природных ресурсов. – М.: Наука, 1983. – 238 с.
- Асланикашвили А.Ф. Метакартография: основные проблемы. – Тбилиси: Мецниереба, 1974. – 125 с.
- Асланикашвили А.Ф. Язык карты // Труды Тбилисского гос. ун-та. – 1967. – Вып. 122. – С. 13 – 36.
- Афанасьев В.Г. Социальная информация и управление обществом. – М.: Политиздат, 1975. – 386 с.
- Ахлибининский Б.В. Информация и система. – Л., 1969. – 212 с.
- Багров Л.С. История картографии. – М.: Центрполиграф, 2004. – 319 с.
- Баранский Н.Н. Научные принципы географии. – М.: Мысль, 1980. – 239 с.
- Батуев А.Р., Белов А.В., Воробьев В.В. и др. Региональный экологический атлас. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. – 321 с.
- Батуев А.Р., Бешенцев А.Н., Буянтуев А.Б., Пластинин Л.А., Снытко В.А., Тулохонов А.К. Природопользование Республики Бурятия: электронная версия комплексной карты // Природопользование в условиях дифференцированного антропогенного воздействия. – Minsk – Sosnowiec, 2000. – С. 178–185.
- Батуев А.Р., Буянтуев А.Б., Снытко В.А. Геосистемы и картографирование эколого-географических ситуаций приселенгинских котловин Байкальского региона. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 164 с.
- Батуев А.Р. Картографическое обеспечение регионального развития: Дис. ... докт. геогр. наук. – М., 2003. – 395 с.
- Берг Л.С. Климат и жизнь. – М.: Географгиз, 1947. – 356 с.
- Бердников К.В., Тикун В.С. Данные, информация, знания в картографии и геоинформатике //Изв. Русского геогр. об-ва, 1992. Т. 124. Вып. 4. – С. 369–374.
- Берлянт А.М. Картографический метод исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 256 с.
- Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. – М.: Мысль, 1986. – 240 с.
- Берлянт А.М., Тикун В.С. Геоинформационные системы: Сб. переводных статей – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1994. – 350с.
- Берген Ж. Визуальное восприятие и картографическая транскрипция // Картография. Вып.1. Зарубежные концепции и направления исследований. – М., 1983. – С.76-94.
- Беручишвили Н.Л. Картография и геоинформатика: общность путей развития // География и природные ресурсы. – 1992. – №3. – С. 171–172.
- Бешенцев А.Н. О языке карты // География и природные ресурсы. – 1993, №3. – С.156–158.

- Бешенцев А.Н. Об использовании свойств информативности цвета и формы в языке карты // География и природные ресурсы. – 1996, №2. – С.165-166.
- Бешенцев А.Н., Лубсанов А.А. Проблемы ввода и совмещения разновременных картографических данных // Мат-лы 8-й Всероссийской учебно-практической конф. «Проблемы ввода и обновления пространственных данных». – М., – 2000. – С. 28-30. <http://www.gisa.ru/8178.html>
- Бешенцев А.Н. Геоинформационные методы изучения динамики географических объектов как основа анализа пространственной структуры процесса природопользования в бассейне озера Байкал: Автореф. дис. канд. геогр. наук. – Иркутск, 2000. – 23 с.
- Бешенцев А.Н. Геоинформационная оценка территории как человеческая деятельность для сбалансированного развития природопользования // Мат-лы VIII науч. конф. по темат. картографии. – Иркутск, 2006. – С. 35–39.
- Блюменау Д.И. Информация и информационный сервис. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.
- Богоявленский Б.А. Урочища дельты р. Селенги // Продуктивность Байкала и антропогенные изменения его природы. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1974. – С. 5–16
- Большая советская энциклопедия. 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1978.
- Большой экономический словарь. – М.: Изд-во Ин-та новой экономики, 2007. – 1472 с.
- Бочаров М.К. Основы теории проектирования систем картографических знаков. – М., 1966. – 136 с.
- Бриллюэн Л. Наука и теория информации. – М.: Изд-во физ.-мат. лит-ры, 1960. – 392 с.
- Бунге В. Теоретическая география / Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1967. – 279 с.
- Викулов В.Е. Некоторые экономико-географические и социально-экономические особенности режима особого природопользования (бассейн оз. Байкал) // Географические проблемы формирования ТПК Вост. Сибири: Мат-лы науч.-техн. конф., 1982. – С. 143–145.
- Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Иностран. лит-ра, 1958. – 200 с.
- Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. 2-е изд. – М.: Наука, 1983. – 344 с.
- Востокова А.В. Оформление карт. – М., 1985. – 200 с.; Геоинформационные системы: обзорная информация. ЦНИИГАиК. Вып.1. – М., 1992. – 52 с.
- Геоинформационная система управления территорией / А.К. Черкашин, А.Д. Китов, И.В. Бычков и др. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. – 151 с.
- Гомбоев Б.О. Аграрное землепользование Внутренней Азии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – 228 с.
- Гохман В.М., Меклер М.М. Принципы разработки картографических языков для тематического картографирования // 5-я Всес. конфер. по тематическому картографир., 1973. Т. 1. Тез. докл. Тбилиси: Тбилисский ун-т, 1973. – С. 17–21.
- Гришкин И.И. Понятие информации. Логико-методологический аспект. – М.: Наука, 1973. 230 с.
- Грицанов А.А., Абушенко В.Л., Евелькин Г.А. Социология: Энциклопедия. – М.: Книжный дом, 2003. – 1312 с.
- Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. – 496 с.
- Гынинова А.Б., Корсунов В.М. Почвенный покров Селенгинского дельтового района Прибайкалья // Почвоведение. – 2006. – № 3. – С. 273–281.
- Гынинова А.Б., Корсунов В.М., Бешенцев А.Н., Балсанова Л.Д., Убугунова В.И., Гынинова Б.Д. // География и природные ресурсы. – 2007. – №2. – С.65–69.
- Дамбиев Э.Ц., Тулохонов А.К. Антропогенное опустынивание в Бурятии // География и природные ресурсы. – 1993. – №3. – С.60-64.
- Де Мерс М. Н. Географические информационные системы. Основы. – М.: Дата +, 1999.– 490с.
- Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Современные методы географических исследований. – М., 1996. – 120 с.
- Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование в географии. – М.: Мысль, 1980. – 224 с.
- Иванов В.В. Глоттогенез // Лингвистический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – С. 108 – 109.
- Измайлова Н.В. Картографическая информация и системы картографических знаков. – Одесса: Изд-во Одесск. ун-та, 1976. – 104 с.

Ильичева Е.А., Бешенцев А.Н. Исследования динамики структуры речной сети р. Селенга и ее дельты // Мат-лы международной конференции «Трансграничные аспекты использования природно-ресурсного потенциала бассейна р. Селенга». – Улан-Удэ, 2006. – С. 58–60.

Иметхенов А.Б. Природа переходной зоны на примере Байкальского региона. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 232 с.

История Бурятской АССР. – Улан-Удэ, 1954. – 644 с.

Ишмуратов Б.М. Региональные системы природопользования и основные проблемы их развития // География и природные ресурсы. – 1983. – № 1. – С.10–16.

Ишмуратов Б.М. Региональное природопользование как фундаментальная проблема географии // Региональное природопользование в Сибири. – Иркутск, 1984. – С. 7–29.

Ишмуратов Б.М., Безруков Л.А., Гарашенко А.В., Напрасников А.Т., Никольский А.Ф., Пономарев Г.В., Рагулина М.В., Савельева И.Л. Региональное природопользование и география общества // География и природные ресурсы. – 2004. – № 3. – С.18–27.

Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 259 с.

Китов А.Д. Компьютерный анализ и синтез геоизображений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 220 с.

Колмогоров А.Н. Кибернетика // Большая советская энциклопедия, 2-е изд. Т. 51. – М., 1958.

Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2001. – 220 с.

Коршунов А.М., Матвеев В.В. Теория отражения и эвристическая роль знаков. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974.

Кошкарев А.В., Каракин В.П. Региональные геоинформационные системы. – М.: Наука, 1987. – 126 с.

Ламакин В.В. Неотектоника Байкальской впадины. – М.: Наука, 1968. – 248 с.

Лютый А.А. Язык карты. – М.: Знание, 1981. – 48 с.

Лютый А.А. Язык карты: сущность, система, функции. – М., 1988. – 290 с.

Лютый А.А., Казанцев Н.Н., Платэ А.Н., Суворов А.К. Проектирование систем знаков тематических карт. – М.: ИГ АН СССР, 1987. – 239 с.

Марков К.К. Избранные труды. Проблемы общей физической географии и геоморфологии. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

Макаров А.В., Бешенцев А.Н., Михеева А.С., Гомбоев Б.О. Проблемы регулирования трансграничных воздействий в целях сохранения природного наследия в бассейне р. Селенга // Проблемы региональной экологии. – 2008. – №1. – С. 37–42.

Мильков Ф.Н. Ландшафтная сфера Земли. – М., 1970. – 194 с.

Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты. – М., 1973. – 206 с.

Мириманова М.С. Информация, знание, творчество // Тр. ВНИИСИ. – 1989. – №12. – С. 58–65.

Михайлов Н.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. – М.: Academia, 2006. – 368 с.

Назаров В.Н. Методы и изобразительные средства в картографии. – М.: Геодезиздат, 1962. – 88 с.

Намжилова Л.Г., Тулохонов А.К. Эволюция аграрного природопользования в Забайкалье. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 200 с.

Новик И.Б., Уемов А.И. Аналогия и моделирование // Материалистическая диалектика и методы естественных наук. – М., 1968. – С. 256–293.

Общая психология: словарь / Под. ред. А.В. Петровского // Психологический лексикон. Энциклопедический словарь в шести томах / Ред.-сост. Л.А. Карпенко; Под общ. ред. А.В. Петровского. – М.: ПЕР СЭ, 2005. – 251 с.

Пластинин Л. А. Региональное экологическое картографирование Сибири на примере Прибайкалья и Забайкалья: Дис. ... д-ра наук. – Иркутск, 2000.

Помус М.И. Бурят-Монгольская АССР. – М., 1937. – 395 с.

Постников А.В. Развитие картографии и вопросы использования старых карт. – М., 1985. – 215 с.

Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.П. Основы ландшафтного анализа. – М., 1988. – 185 с.

Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Максимова Л.В. География в меняющемся мире. Век XX. – М.: Институт географии РАН, 1997. – 140 с.

Психология развития: словарь / Под. ред. А.Л. Венгера // Психологический лексикон. Энциклопедический словарь в шести томах / Ред.-сост. Л.А. Карпенко Под общ. ред. А.В. Петровского. – М.: ПЕР СЭ, 2006. – 176 с.

Разработка ГИС района дельты реки Селенги (Кабанский район Республики Бурятия) / Под ред. С.Г Шапхаева. Электронная версия. – Иркутск, 1998.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16. Ангаро-Енисейский район. Вып. 3. Бассейн оз.Байкал. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 400 с.

Робинсон А., Петченек Б.Б. Карта как коммуникационная система //Картография. Вып. 1. Зарубежные концепции и направления исследований. – М.: Прогресс, 1983. – С. 34–51.

Розов М.А. Проблемы эмпирического анализа научных знаний. – Новосибирск: Наука, 1977. – 222 с.

Розова С.С. Классификационная проблема в современной науке. – Новосибирск: Наука, 1986. – 223 с.

РТМ 68-7-95 Условные обозначения величин, применяемых в геодезии / Федеральная служба геодезии и картографии России. – М., 1995. – 19 с.

Салищев К.А. Взгляд на картографию в аспекте научно-технической революции // Вестник Моск. ун-та. – Серия 5. География. – 1974. – №3. – Стр. 10–20.

Салищев К.А. О картографическом методе познания: Анализ некоторых представлений о картографии // Пути развития картографии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. – С. 36–45.

Салищев К.А. Принципы и задачи системного картографирования / Системное картографирование природных и социально-экономических комплексов. – М., 1978. – С. 5–23.

Салищев К.А. Картоведение. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 406 с.

Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Автоматизация в тематической картографии. – М., 1984. –110 с.

Сербенюк С.Н. Картография и геоинформатика – их взаимодействие // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. – 1989. – №5. – Стр. 3–8.

Сетров М.И. Основы функциональной теории организации: филос. очерк. – Л.: Наука, – 1972. – 164 с.

Советский энциклопедический словарь. – М., 1988. – 1600 с.

Социология: Энциклопедия. – М.: Книжный дом, 2003. – 1312 с.

Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск, 1978. – 320 с.

Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. – М.: Наука, 1968. – 800 с.

Тармаев В.А., Корсунов В.М., Куликов А.И. Линейная эрозия в Байкальском регионе. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – 162 с.

Тикунов В.С. Классификация и картографирование нечетких географических систем // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. – 1989. – №3. – С. 16–22.

Тикунов В.С. Некоторые теоретические вопросы картографии / Геодезия и картография. – 1991. – №7. – С. 27–31.

Тикунов В.С. Моделирование в картографии. – М: Изд-во МГУ, 1997. – 405 с.

Тикунов В.С., Цапук Д.А. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. – Москва – Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. – 176 с.

Тулохонов А.К. Байкальский регион: проблемы устойчивого развития. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996. – 207 с.

Тулохонов А.К., Бешенцев А.Н., Лубсанов А.А. Создание геоинформационных ресурсовна основе ретроспективных топографических карт // Вычислительные технологии. Т. 12. Спец. вып. 3: Гис- и вебтехнологии в междисциплинарных исследованиях, 2007. – С.100–107.

Урсул А.Д. Информация. Методологические аспекты. – М.: Наука, 1971. – 296 с.

Урсул А.Д. Проблема информации в современной науке: филос. очерки. – М.:Наука, 1975. – 288 с.

Хаггет П., Чорли Р. Модели в географии. – М.: Прогресс, 1971. – 360 с.

Хаке Г. Картографическая информация: особенности и показатели //Картография. Вып. 1. Зарубежные концепции и направления исследований. – М.: Прогресс, 1983. – С. 140–151.

Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов Н.Д. Цифровые карты. – М.: Недра, 1992. – 419 с.

Харвей Д. Научное объяснение в географии. – М., 1974. – 503 с.

Харкевич А. А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. – 1960. – Вып. 4.

Хартли Р. Передача информации // Теория информации и ее приложения: Сб. переводов. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959.

Цапук Д.А. О системности свойств географической информации // Вестник МГУ. – 1995. – № 5. – С 14.

Червяков В.А. Концепция поля в современной картографии. – Новосибирск, 1978. – 149 с.

- Черкашин А.К. Экологическое картографирование на основе полигеосистемного анализа и синтеза // Методология системного экологического картографирования. – Иркутск, 2002. – С. 22–40.
- Черкашин А.К. Полисистемное моделирование. – Новосибирск: Наука, 2005. – 280 с.
- Черкашин А.К. География и геоинформатика // География и природные ресурсы. – 2006. – № 1 – С. 19–28.
- Черри К. Человек и информация. – М.: Связь, 1972. – 368 с.
- Шеннон К. Математическая теория связи. – В кн.: Работы по теории информации и кибернетике. – М., 1963. – С. 128–140.
- Шмулевич М.М. Очерки истории Западного Забайкалья. – Новосибирск, 1985. – 286 с.
- Эшби У. Р. Введение в кибернетику. – М.: Иностранная литература, 1959. – 430 с.
- Яглом А. М., Яглом И. М. Вероятность и информация. – М.: Наука, 1973. – 512 с.
- Arnberger E. Eigenschaften der graphischen Darstellungsmittel. //Kartographische Schriftenreihe. Herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Kartographie. – 1978. – № 3. – S. 7–13.
- Chrisman N. Charting the Unknown: How Computer Mapping at Harvard Became GIS. Redlands: ESRI press, 2007. – 340 p.
- Kolácný A. Cartographic information – a fundamental concept and term in modern cartography // The Cartographic journal. – 1968. – V. 6. – №. 1. – P. 47–49/
- Konecny M., Rais K. Geograficke informacni systemy. – Folia prirodoved. fak. UJEP v Brne, 1985. T. 26. – № 13. – 196 s.
- Laurini L., Thompson D. Fundamentals of spatial information systems. – Academic press, 1996. – 678 с.
- Ratajski L. Metodyka kartografii spoteczno-gospodarczej. Warszawa: PPWK, 1973. – 380 s.
- Ratajski L. Cartology: its developed concept. // The Polish Cartography. – Warszawa: CSPH, 1976. – P.7-23.

#### **Картографические источники**

- Атлас географический справочный: СССР. Мир. – М.: ГУГК, 1986. – 295 с.
- Атлас географических открытий. – М.: БММ АО, 1998. – 247 с.
- Атлас мира. – М.: ГУГК, 1988. – 337 с.

**Бешенцев Андрей Николаевич**

**Геоинформационная оценка природопользования**

Научное издание

Редактор Е.И. Борисова

Художник Д. Т. Олоев

Верстка и макетирование

А. М. Цыдендамбаева, Н. Д. Жамбаева

Подписано в печать 20.07.2008 г. Формат 60x84 1/8.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л.13,8. Уч.-изд. л.11,8. Тираж 200.  
Заказ № 42

Редакционно-издательский отдел Изд-ва БНЦ СО РАН  
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8.

Отпечатано в типографии Изд-ва БНЦ СО РАН  
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6.