

СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

А. К. Тулохонов, А. Н. Бешенцев, А. А. Лубсанов

Байкальский институт природопользования СО РАН,

Улан-Удэ, Бурятия

e-mail: atul@binm.bscnet.ru, bip@binm.bscnet.ru

This article provides an efficiency analysis of the retrospective maps treated as a source for creation of the information-telecommunication resources. A procedure of geoinformation resources design using retrospective maps is proposed.

1. Актуальность исследования

К настоящему времени во всех сферах человеческой деятельности накоплены значительные массивы аналоговых документов, описывающих отдельные предметные области объективной реальности и являющихся источниками для создания информационно-телекоммуникационных ресурсов. Наибольшей универсальностью характеризуются источники, отображающие пространственные параметры земной поверхности (топокарты, планы, чертежи, космоснимки и т. п.). Они наиболее востребованы и актуальны при организации любой территориальной деятельности.

Топографические карты разных лет издания представляют собой разновременные модели физико-географического состояния территории и являются исходной информацией для оценки и исследования процесса освоения природных ландшафтов. 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.

Топографические карты масштаба 1 : 84 000, созданные Корпусом военных топографов в 1896–1914 гг., покрывают значительную территорию Сибири и Дальнего Востока. Они регистрируют пространственную и атрибутивную информацию (физико-географическую, экономическую, социальную) об отдельных географических объектах и картографируемой территории начала XX в. По этой причине ретроспективные карты представляют собой важные исторические документы, а анализ этих карт как инфор-

мационных источников и разработка методики создания геоинформационных ресурсов на их основе являются важными практическими задачами.

2. Оценка пригодности ретроспективных топографических карт как источников информационно-телекоммуникационных ресурсов

Для решения этой задачи выполнен комплексный анализ ретроспективных карт масштаба 1 : 84 000, изданных в 1896–1914 гг., покрывающих территорию Трансграничного Прибайкалья и Забайкалья, который заключался в установлении их происхождения, достоверности, полноты содержания и точности (рис. 1). На основании анализа произведена оценка пригодности этих документов как источников информационно-телекоммуникационных 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. Карты масштаба две версты в одном дюйме (1 : 84 000) составлены в поперечно-цилиндрической проекции Гаусса в шестиградусной зоне по двум ориентировкам на эллипсоиде Бесселя и отпечатаны литографским способом (рис. 2).

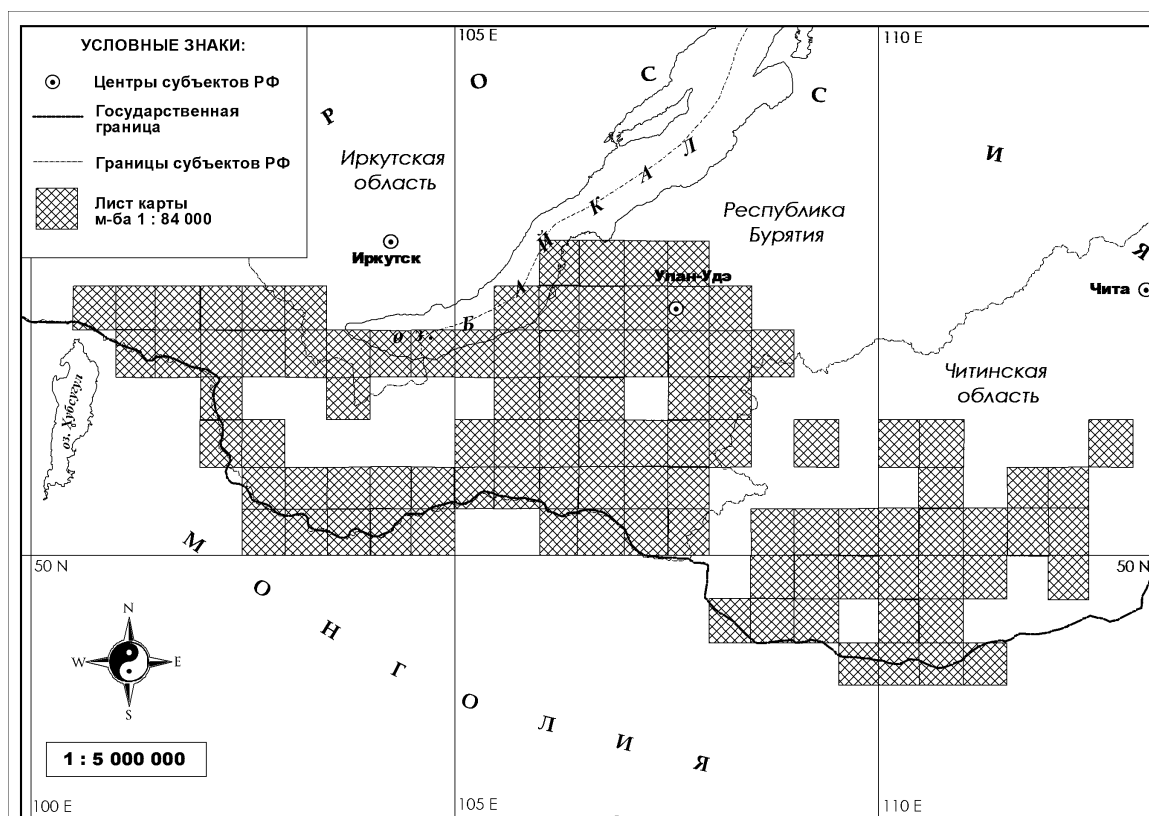


Рис. 1. Покрывание листов карт

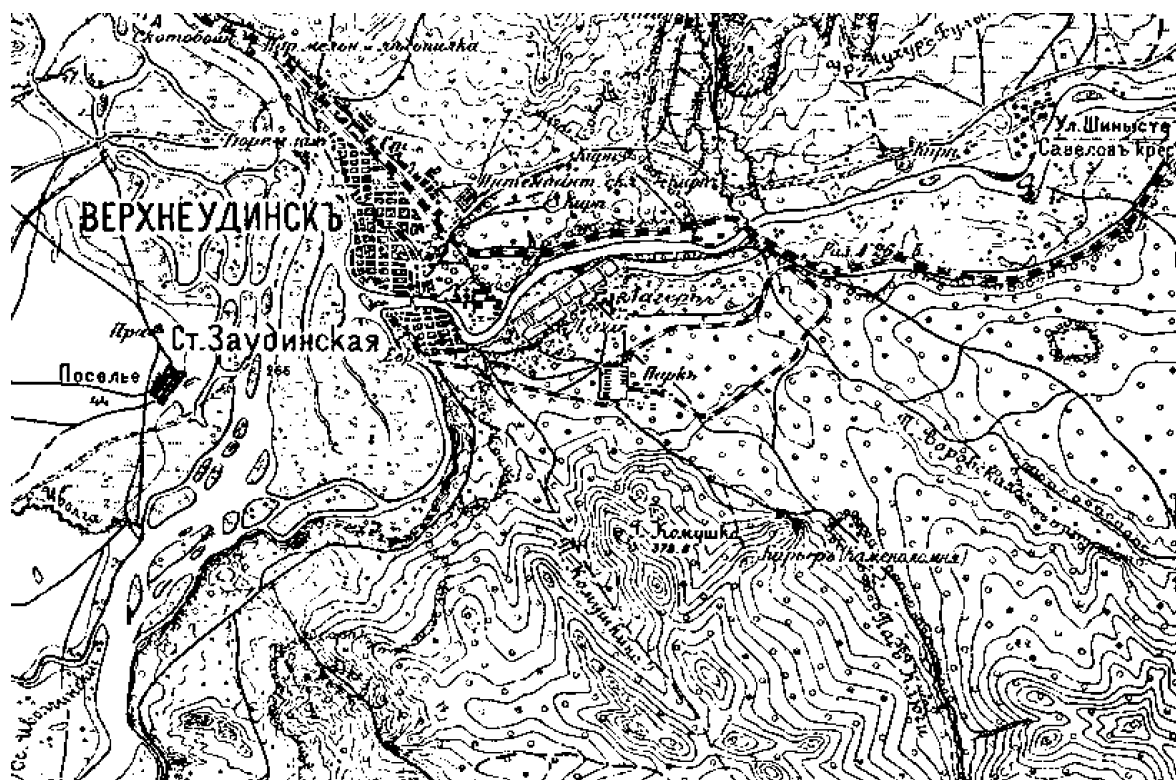


Рис. 2. Фрагмент листа карты

Геодезической основой карт является сеть опорных тригонометрических пунктов, основной способ съемки — засечки с построением изображения непосредственно в поле на мензуре. 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.

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.

Анализ достоверности и полноты содержания карт был выполнен совместно с изучением географической литературы, картографических материалов и статистических источников начала XX в. На наиболее динамичных участках географической среды (дельта р. Селенги, селитебные территории и т. п.) 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 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. Несмотря на отдельные ошибки, 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 было векторизовано в среде Геоинформационной системы мониторинга природопользования бассейна оз. Байкал (ГИСМП) на базе пакета Arc GIS в виде отдельных слоев и конвертировано в исходную картографическую проекцию. Аналогичные действия выполнены с листами современной топографической карты той же номенклатуры. С помощью оверлейных операций 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 уточнить, что величина ошибки возрастает по мере удаления объекта от главной реки или дороги, по которым проходил съемочный ход. Также выполнена оценка измерения площадей и выявлены ошибки в положении горизонталей по высоте и в заложениях между ними. Таким образом, проведенный анализ позволил установить относительно низкую и различную точность математической основы ретроспективных топографических карт.

На основании комплексного анализа оцениваемых источников можно говорить о возможности их использования при создании информационно-телекоммуникационных 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 могут служить основными материалами при исследованиях воздействия магистрали на географическую среду региона. Также они отображают 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.

3. Создание геоинформационных ресурсов

Для решения проблемы точности ретроспективных карт в среде ГИСМП разработана методика геометрической коррекции, 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 пересече-

ния линейных объектов, однозначно установленных 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.

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 она 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 искажений выполняется вручную векторами смещения. Чем больше регистрационных точек, тем выше точность первичной коррекции. Зная характер ошибок исследуемых карт, на разных листах целесообразно выбирать различные варианты расположения регистрационных точек. 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 решена задача совместимости пространственно-геометрических характеристик разновременных карт. В целом процесс преобразования ретроспективных карт для использования в ГИС выглядит следующим образом (рис. 3).

Структура базы данных созданных ресурсов разработана на основе элементов содержания ретроспективных карт и представляет собой совокупность тематических слоев описания географической реальности: математическая основа; гидрография; населенные пункты; дорожная сеть; растительность; грунты; промышленные объекты; сельскохозяйственные объекты; социальные объекты; рельеф.

Атрибутивные таблицы создаются автоматически при экспорте каждого ретроспективного слоя в среду Arc GIS. Наполнение таблиц вручную осуществляет оператор ГИСМП. Например, тема “Промышленные объекты” представляет собой точечный слой, где каждому объекту при проецировании в картографическую проекцию присваиваются однозначные геодезические координаты, а атрибутивная информация переносится с карты (кирпичный завод, мельница и т. п.). Тема “Сельскохозяйственные объекты” представляет собой полигональный слой, где помимо координат границ объектов автоматически определяются их метрические параметры, а атрибутивная информация характеризует тип объекта и особенности его использования (пашня, сенокос и т. п.).

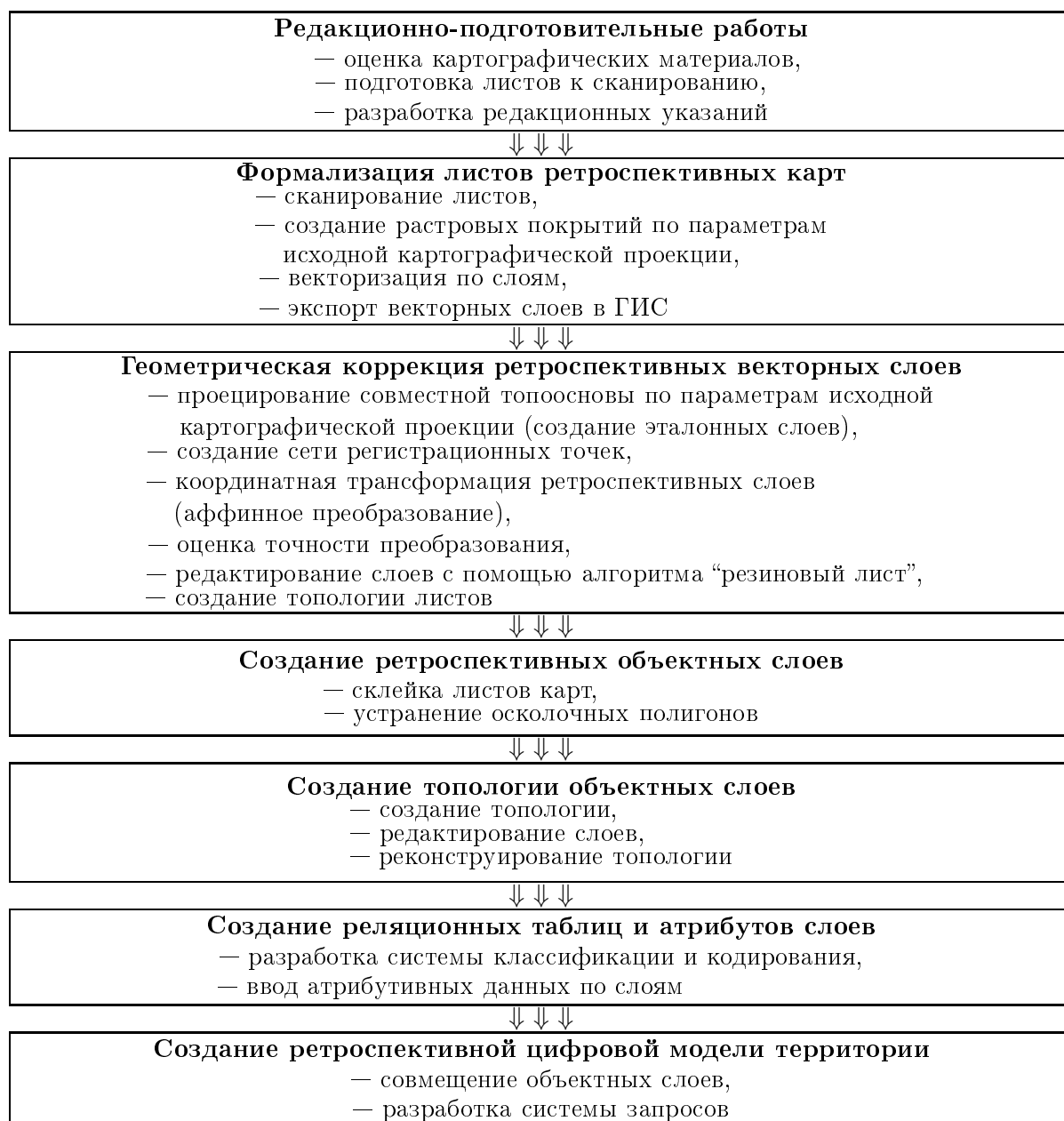


Рис. 3. Методика создания геоинформационных ресурсов на основе ретроспективных топографических карт

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 ретроспективных и современных топографических объектов, определяет однозначное соответствие каждого объекта и его атрибута и описывает семантическую сторону ресурсов. Главная функциональная задача этой системы — однозначная идентификация каждого моделируемого объекта для эффективного поиска в информационном массиве.

В результате формализации ретроспективной модели территории можно говорить о создании информационных ресурсов, представляющих собой массив векторных сло-

ев (shp-файлов) и однозначных таблиц атрибутов (dbf-таблиц), размещенных в виде отдельного блока информационной подсистемы ГИСМП. Таким образом, созданные ресурсы являются геоинформационными, поскольку характеризуют пространственные и содержательные характеристики описываемых объектов земной поверхности, формализованы в среде Arc GIS и являются основой для создания электронных карт.

4. Использование геоинформационных ресурсов

Созданные геоинформационные ресурсы имеют математическую основу (картографическую проекцию, масштаб, эллипсоид), аналогичную параметрам современных векторных слоев ГИСМП, имеют ту же систему классификации и кодирования и могут быть использованы при реализации всех аналитических операций Arc GIS. Поскольку к ГИСМП организован доступ всем сотрудникам Байкальского института природопользования СО РАН, для интерактивной работы с ресурсами создана система геоинформационных запросов, представляющая собой совокупность автоматизированных часто повторяющихся пользовательских алгоритмов. Например, на запрос “Отобразить динамику распахки природных ландшафтов в XX в” в среде ГИС выполняется совмещение ретроспективного и современного слоев “Пашня”, а затем — совмещение результирующего слоя со слоем “Природные ландшафты”.

В результате этих операций создается рабочее покрытие, регистрирующее в координатах картографической проекции состояние явления (в данном случае — площадь пашни) по двум временным срезам. Покрытие содержит все атрибуты совмещаемых слоев и метрические характеристики вновь образовавшихся полигонов. Количествен-

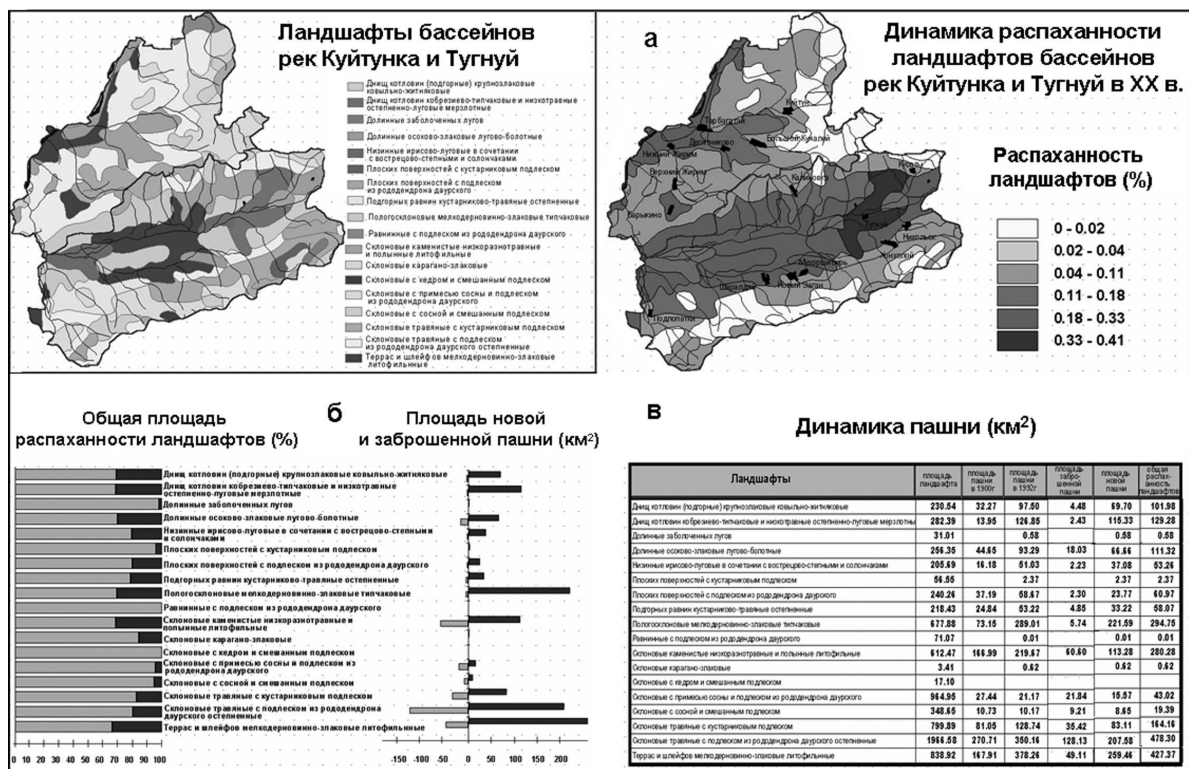


Рис. 4. Пример реализации геоинформационного запроса

ная оценка пространственных параметров явления выполняется в пределах каких-либо территориальных единиц (административных районов, бассейнов рек и т. п.). На основании анализа рабочего покрытия пользователь может получить количественные данные, территориально характеризующие метрические изменения явления, а также выделить участки современной пашни, участки заброшенной пашни, участки новой пашни, участки, распахиваемые в течение всего времени и т. п., и оценить их приуроченность к природным ландшафтам, что в итоге количественно описывает трансформацию ландшафтов. Ответом на запрос являются геоинформационные модели, характеризующие этот процесс в разных документальных формах: *a* — картографической, *b* — графической; *c* — табличной (рис. 4).

Отдельные результаты исследования размещены на сайте www.baikalgis.com. В настоящее время выполняется проект целевой программы “Информационно-телекоммуникационные ресурсы СО РАН” по созданию телекоммуникационного атласа ретроспективных топографических карт трансграничного Прибайкалья и Забайкалья и организации телекоммуникационного доступа к этому ресурсу для всех сотрудников СО РАН.

Геоинформационные ресурсы на основе ретроспективных карт могут быть использованы в различных областях человеческой деятельности. В первую очередь они являются метрической базой мониторинга природопользования территории, поскольку представляют собой результат первой, наиболее точной, геодезической съемки отображаемой части России. Большой объем информации, содержащейся на этих картах, позволяет использовать их при исследовании различных долговременных природных (опустынивание, заболачивание и др.) и социально-экономических процессов (миграция населения и др.). Кроме того, создание геоинформационных ресурсов будет способствовать интеграции усилий и обмену опытом всех научных коллективов СО РАН, использующих в своих исследованиях ретроспективные карты.

Поступила в редакцию 4 декабря 2007 г.