



Серия «Науки о Земле»
2008. Т. 1, № 1. С. 198–207

Онлайн-доступ к журналу:
<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ
Иркутского
государственного
университета

УДК 528.85; 556.55

Технология автоматизированного определения характеристик поверхностного слоя оз. Байкал по данным радиометра AVHRR

Сутырина Е. Н. (ensut@rambler.ru)

Аннотация. Дистанционное зондирование со спутников позволяет получать информацию, необходимую для исследования оз. Байкал. Наряду с этим существует потребность обрабатывать спутниковые данные, искаженные за счет формы и вращения Земли, изменения орбит и высот спутников, а также за счет влияния атмосферы. В связи с этим в данной статье рассматриваются актуальные проблемы автоматизации обработки спутниковых данных.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, данные радиометра AVHRR, географическая привязка, оз. Байкал.

Введение

Для понимания многих лимнологических процессов, озерной гидродинамики и биологии в целом необходима детальная и оперативная информация о происходящих в водоеме процессах, что далеко не всегда можно обеспечить традиционными наземными методами даже там, где регулярно проводятся исследования. Прежде всего, это обусловлено тем, что традиционные методы исследования, в том числе и с использованием научно-исследовательских судов, не позволяют охватить постоянными измерениями всю акваторию озера. Таким образом, для изучения процессов, протекающих в озере, должны быть привлечены принципиально новые средства и методы наблюдения, из которых наиболее перспективным является дистанционное зондирование с борта космических аппаратов. Дистанционные методы исследования природных объектов обеспечивают большую обзорность, возможность повторного получения данных через определенные промежутки времени, возможность применения комплексного анализа и оценки динамики развития явления. Все шире дистанционные методы применяются и для водных объектов.

Многолетний опыт эксплуатации радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), установленного на метеорологических спутниках серии NOAA, показал, что эта система является одной из самых удачных для изучения как морей и океанов, так и внутренних водоемов.

Радиометр AVHRR представляет собой типичный сканер и измеряет собственное и отраженное Землей излучение в пяти спектральных диапазонах. Изображения со спутников передаются на Землю в реальном масштабе времени на частоте 1,7 ГГц в режиме HRPT (High Resolution Picture Transmission). Возможность свободного приема спутниковой информации наземными станциями обеспечивается Всемирной Метеорологической Организацией согласно концепции «Открытого неба». Полученные изображения обладают пространственным разрешением 1100 м и полосой захвата шириной 2700 км, что обеспечивает полный обзор Байкальского региона за один пролет.

Постановка проблемы

Одной из приоритетных задач дистанционного зондирования является разработка алгоритмов обработки спутниковых измерений [4]. Однако в настоящее время не существует общепринятых теоретических и методических разработок для решения этой задачи [1]. Также особо стоит отметить, что усвоение и реализацию спутниковой информации необходимо осуществлять с помощью автоматизированных систем обработки данных. Подобные системы обычно содержат две группы блоков, различающихся по технологическому назначению. Первая группа блоков обеспечивает автоматизацию решения технических задач, в том числе и географическую привязку изображения. Вторая группа позволяет автоматизировать решение содержательных задач, т. е. выдает информацию о характеристиках исследуемых объектов [3]. В рамках данного исследования основное внимание было уделено разработке первой группе блоков.

Используемые методы

Для решения поставленных задач автором была разработана автоматизированная система пошаговой обработки данных радиометра AVHRR (выделена штрихованной линией на рис. 1), которая была успешно апробирована в Центре космического мониторинга Института солнечно-земной физики СО РАН для восстановления полей температуры поверхности воды в оз. Байкал. При этом автоматизация процесса обработки на этапах кадрирования, геометрической коррекции и тематической обработки по региональным алгоритмам была успешно реализована исключительно средствами пакета программ «XV_HRPT», разработанного Институтом космических исследований РАН, с использованием файлов макрокоманд.

Стоит отдельно отметить, что при обработке спутниковых данных одной из основных целей является получение изображений с требуемыми геометрическими характеристиками. В то же время известно, что специально не обработанное спутниковое изображение отличается по своим геометрическим характеристикам от карты в любой стандартной географической проекции, имеет отличное от нее распределение искажений, его

масштаб непостоянен в разных частях и по разным направлениям (рис. 2). Геометрические искажения возникают за счет кривизны Земли, изменения орбит и высот спутников, физических характеристик используемых каналов связи и датчиков. Для устранения искажений и точного совмещения с картой снимок необходимо геометрически трансформировать, т. е. подвергнуть его процедуре геометрической коррекции по данным, которые характеризуют как положение датчика в пространстве в момент съемки, так и геометрию подстилающей поверхности.

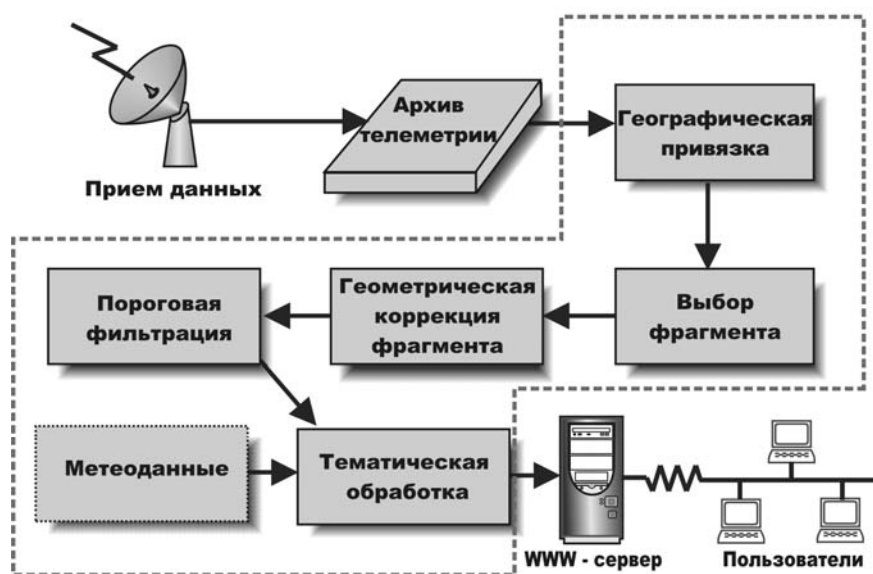


Рис. 1. Схема работы автоматизированной системы обработки спутниковых данных

Пакет программ «XV_HRPT» позволяет по орбитальным данным произвести географическую коррекцию и привести изображение к прямоугольной или конической географической проекции. Результат геометрической коррекции приведен на рис. 3.

Однако геометрической коррекции по орбитальным данным недостаточно для того, чтобы точкам изображения были присвоены реальные географические координаты. И при наложении на изображение карты, с нанесенными в соответствии с координатами контурами озер и рек, смещение этих контуров от границ водных объектов на изображении часто оказывается значительным (рис. 4, а). Для устранения этой проблемы существуют процедуры географической привязки.

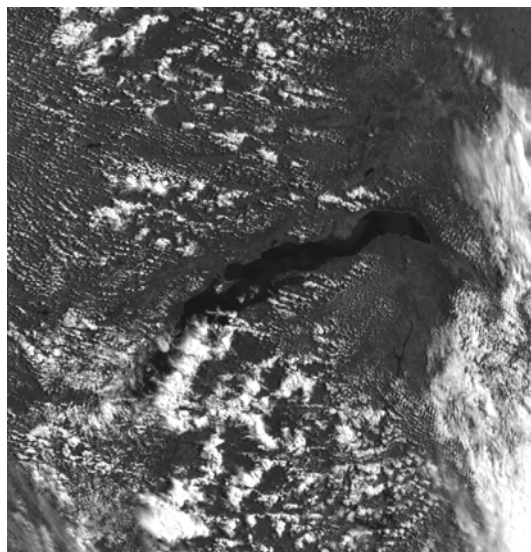


Рис. 2. Фрагмент снимка со спутника NOAA (изображение 2-го канала)

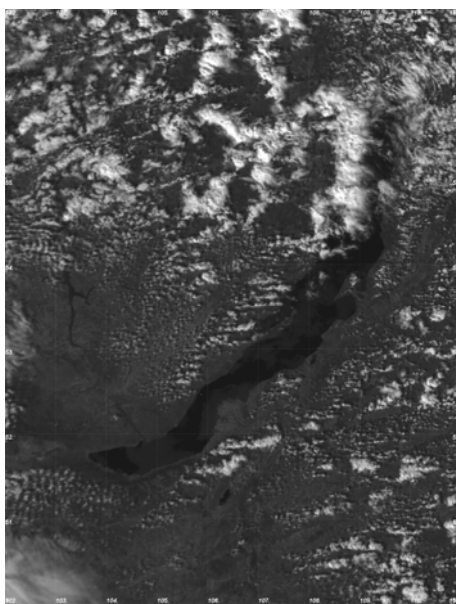


Рис. 3. Изображение 2-го канала после геометрической коррекции, приведенное к прямоугольной проекции

Географическую привязку можно производить при непосредственном участии оператора, используя специализированные средства пакета программ «XV_HRPT», посредством визуального сопоставления отклонения контурной карты от границ объектов на изображении и задания соответ-

вующего сдвига координатной сетки, информация о котором будет сохранена вместе с файлом телеметрии.

В реальной практике для целей восстановления полей гидрофизических характеристик поверхностного слоя водоема и исследования их динамики приходится обрабатывать многолетние архивы данных телеметрии, включающие тысячи файлов. В этом случае появляется необходимость автоматизировать один из самых трудоемких этапов в процессе обработки – этап географической привязки.

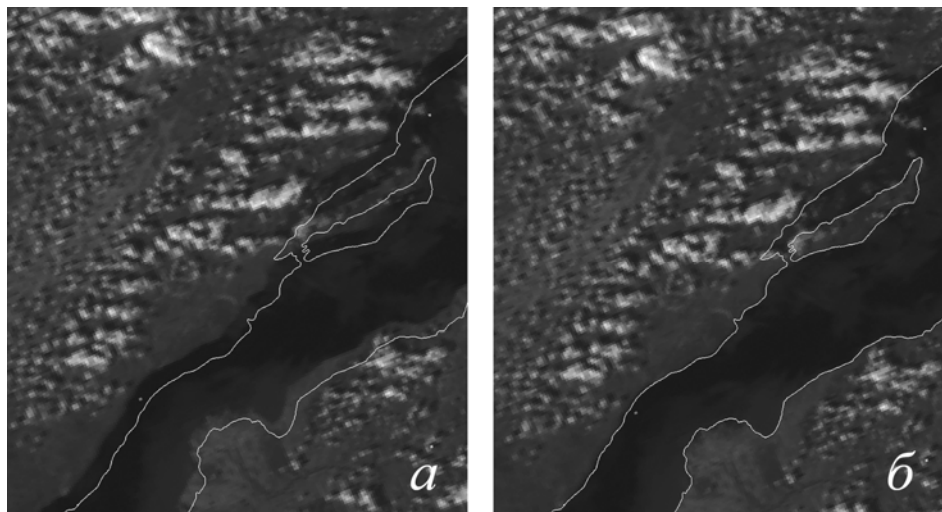


Рис. 4. Изображение до (а) и после (б) автоматической географической привязки

Для этого автором была адаптирована система автоматической географической привязки, применяемая в Иркутской базе авиационной охраны лесов. Весомым недостатком исходной системы являлась возможность автоматической обработки только одного файла, что не отвечало задачам работы с архивами, содержащими большое количество файлов. Также исходная система имела неудовлетворительное для поставленных задач качество привязки спутникового изображения по оз. Байкал. Таким образом, целью работы по отладке данной системы стало устранение перечисленных выше недостатков.

В исходном алгоритме системы (выделен серой штрихованной линией на рис. 5) на первом этапе программой «Sputnik» пакета «XV_HRPT» производилось открытие файла телеметрии, находящегося в рабочем каталоге, дальнейший анализ полей температуры и альбедо, геометрическая коррекция и сохранение результатов во временных файлах. Далее программой «Mil_corr» выполнялась обработка временных файлов, созданных программой «Sputnik», на основании сравнения которых с шаблоном выбирался оптимальный сдвиг. Результаты обработки данных сохранялись про-

граммой «Mil_sprt» в текстовом формате в соответствии с внутренним синтаксисом файлов программы «Sputnik», содержащих информацию о контрольных точках. Далее на основании этих данных файл телеметрии сохраняется со сдвигом.

Для решения задач последовательной автоматизированной обработки нескольких файлов автором был создан внешний программный модуль (рис. 5), позволяющий без внесения изменений в алгоритм исходной системы автоматической географической привязки успешно применять эту систему для обработки ряда файлов телеметрии.

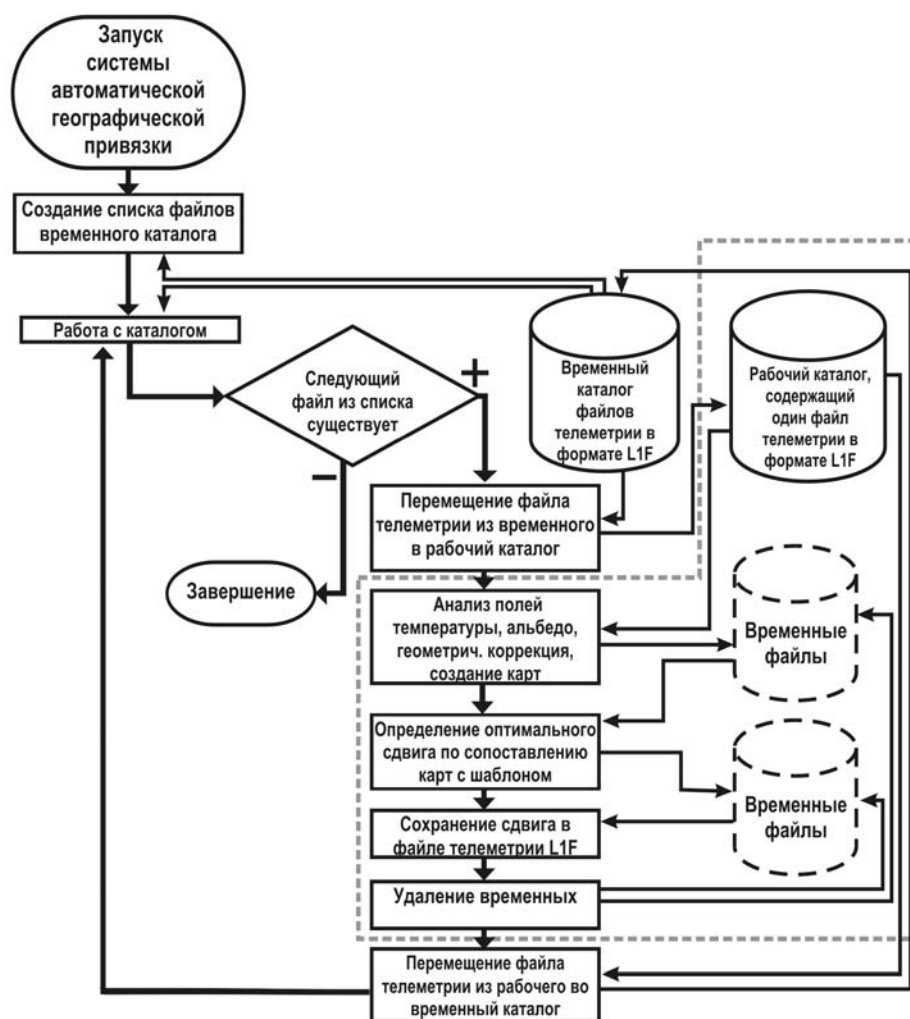


Рис. 5. Алгоритм работы системы автоматической географической привязки, оптимизированный для работы с архивами

Следующей задачей было устранение дефекта привязки. Для этого потребовалось проанализировать заданный при помощи макроса алгоритм (рис. 6), выполняемый программой «Sputnik» на этапе первичного анализа полей температуры и альбедо и создания карт по результатам данного анализа. Как видно из схемы (рис. 6) макросом, задается последовательная обработка регионов по списку INI-файлов, содержащих координаты центров обрабатываемых регионов от Урала до Дальнего Востока. В результате этого при последующем сравнении с шаблоном оптимальный сдвиг часто задается по регионам, весьма удаленным от Байкала, что не приносит желаемого результата.

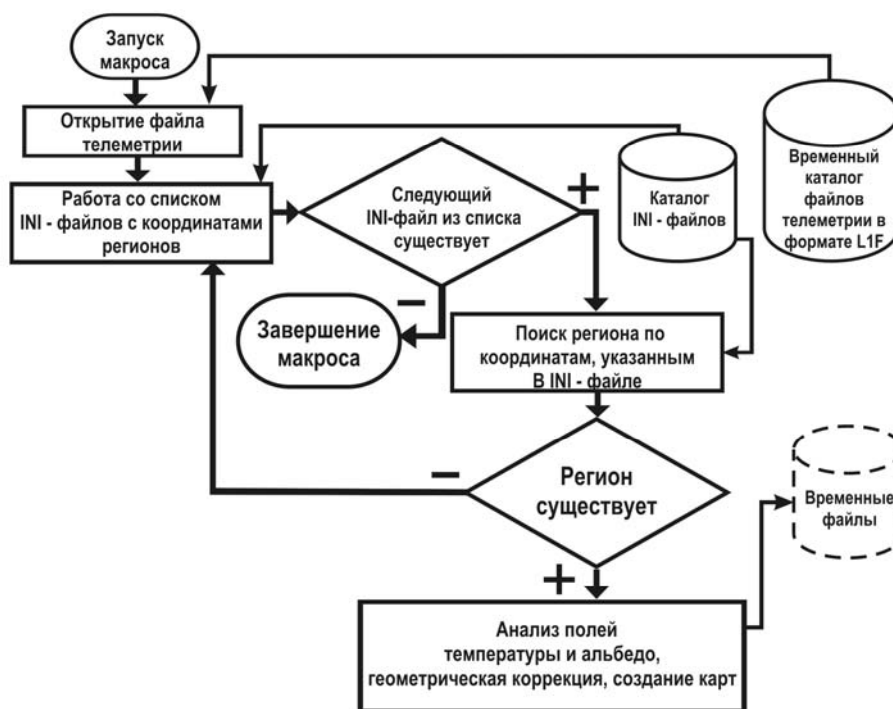


Рис. 6. Алгоритм первичного анализа полей температуры и альбедо для последующего сравнения с шаблоном

Данная проблема была решена путем корректировки внутреннего файла системы, содержащего список INI-файлов, посредством исключения из списка всех регионов, не представляющих интереса в поставленной задаче, были получены удовлетворительные результаты географической привязки файлов телеметрии (рис. 4, б) по оз. Байкал.

Результаты

Основным результатом проведенной работы стало создание полностью автоматизированной системы обработки данных радиометра AVHRR

с целью определения характеристик поверхностного слоя оз. Байкал. Наиболее важными конечными продуктами функционирования данной системы являются карты пространственно-временного распределения температуры поверхности воды (рис. 7) в навигационный период и карты ледовой обстановки в периоды образования и разрушения льда (рис. 8).

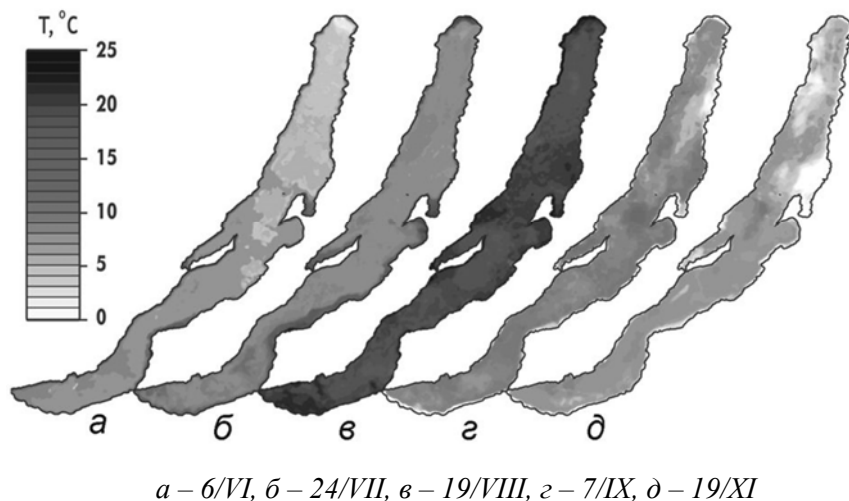


Рис. 7. Ход температуры поверхности воды оз. Байкал в 2004 г.

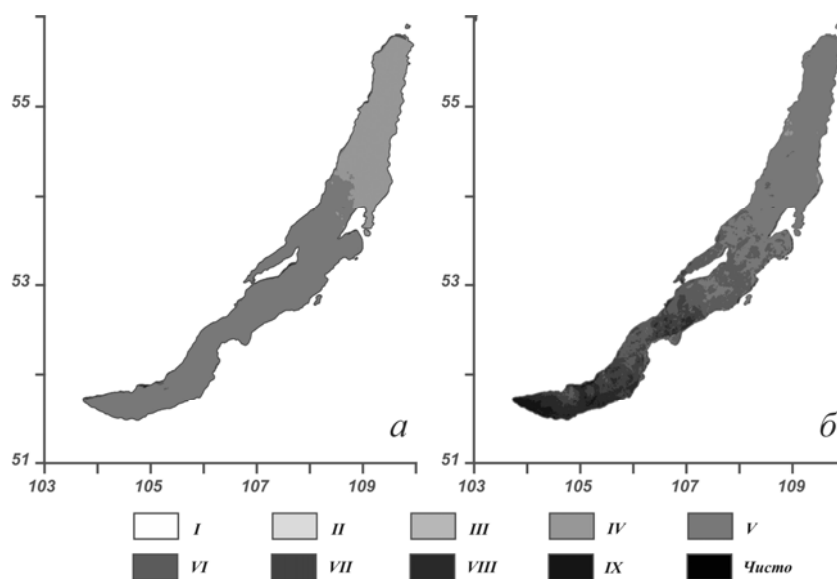


Рис. 8. Состояние снежно-ледового покрова оз. Байкал по степени стаивания и разрушения (по Мишону В. М. [2]) 7 апреля (а) и 22 апреля 2007 г. (б) по спутниковым данным

При этом стоит отметить, что информация о температуре поверхности воды в свою очередь может быть использована для оценки тепловых потоков и для исследования локализации и динамики различных мезомасштабных гидрофизических явлений. Помимо этого, анализ последовательных спутниковых карт распределения температуры позволяет оценивать течения на поверхности, а эти данные необходимы для прогноза направления и скорости дрейфа потенциальных загрязнений, в том числе нефтяных пятен.

Изучение динамики ледового покрова озера в свою очередь имеет первостепенное значение для изучения цепи явлений, протекающих в водоеме, для индикации крупномасштабных изменений климата, для планомерного проведения навигации и обеспечения транспорта по льду, а также для правильной эксплуатации и охраны гидротехнических сооружений.

Вывод

В заключение можно отметить, что разработанная технология автоматизированного определения характеристик поверхностного слоя оз. Байкал уже была апробирована и может быть использована в практических целях. При этом необходимо учитывать, что применение дистанционных методов предоставляет такие преимущества, как наглядность результатов, пространственная непрерывность данных в пределах изучаемого водного объекта и регулярность получения информации. Помимо этого определяемые методами дистанционного спутникового зондирования характеристики поверхностного слоя оз. Байкал имеют первостепенную важность не только с научной точки зрения, но и для решения практических задач охраны окружающей среды.

Список литературы

1. Комплексный дистанционный мониторинг озер / под ред. К. Я. Кондратьева. – Л. : Наука, 1987. – 288 с.
2. Мишон В. М. Гидрофизика : учеб. пособие / В. М. Мишон. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1979. – 308 с.
3. Парамонов А. И. Технология автоматизированного определения толщины морского льда по данным спутникового ИК-зондирования / А. И. Парамонов, Г. А. Лебедев, В. С. Лошилов // Тр. ААНИИ. – 2002. – Вып. 445. – С. 40–60.
4. Океанология: средства и методы океанологических исследований / Г. В. Смирнов [и др.]. – М. : Наука, 2005. – С. 16–41.

Sutyryna E. N.

The technology of an automated estimation of the Lake Baikal surface layer characters with AVHRR data

Abstract. Satellite remote sensing may provide an adequate data for the Lake Baikal research. However, satellite data, distorted by the shape and rotation of the Earth, by

variations in satellite orbits and altitudes, and by atmospheric effects, should be treated. In this connection, the critical problems of automation of remotely sensed data processing are discussed in this paper.

Key words: remote sensing, AVHRR data, geographical reference, Lake Baikal.

*Сутырина Екатерина Николаевна
Иркутский государственный университет,
664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
аспирант
тел.: (395-2) 42-56-22*