7. Шафиева Э.Т., Ермолаева М.Х. Использование ГИС-технологий в землеустройстве // Технические науки, 2018. – №93-1. [Электронный ресурс]. URL: <https://novainfo.ru/article/?nid=15899> (дата обращения: 12.05.2021).
8. Тенденции развития геоинформационных технологий в землеустройстве [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoinfo.ru/files/cifrovoe-zemleustrojstvo-v-sisteme-apk.pdf> (дата обращения: 14.04.2021).
9. Сидорова Г.М. Автоматизированные системы кадастра недвижимости. – Уссурийск: ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2015. – 96 с.
10. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения (состав и структура) [Электронный ресурс]. URL: <http://ecosovetnik-pskovreg.ru/wp-content/uploads/2016/06/kadastr.jpg> (дата обращения: 13.05.2021).
11. Фарбер С.К., Варакин Г.С., Байкалов Е.М. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве России // Вестник КрасГАУ, 2013. – № 3. – С. 103-106.
12. Уточнение границ землепользования с применением геоинформационных систем. [Электронный ресурс]. URL: <https://thepresentation.ru/yurisprudentsiya/utochnenie-granits-zemlepolzovaniya-s-primeneniem-geoinformatsionnyh-sistem> (дата обращения: 13.05.2021).
13. Щеголихина Е.А., Гольяпин В.Я. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч.-аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.
14. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольяпин В.Я., Голубев И.Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития: науч. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 316 с.
15. Малышева Е.С., Костин И.Г., Хижняк Р.М. Применение геоинформационных систем для кадастровой и экологической оценки земель сельскохозяйственного назначения // Международный сельскохозяйственный журнал, 2021, – № 2 (380). – С. 14-18.
16. Проектирование систем земледелия в АгроГИС [Электронный ресурс]. URL: <http://agrotechcenter.ru/proyektirovaniye-sistem-zemledeliya-v-agrogis-1> (дата обращения: 14.04.2021).
17. Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Труфляк Е.В. Цифровые технологии в землепользовании и землеустройстве: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 96 с.

УДК 528.88

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-41-48

*Воронина П.В.^{1,2}, Мамаш Е.А.¹, Пестунов И.А.¹, Кудряшова С.Я.³, Чумбаев А.С.³,
¹Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий,
²Новосибирский государственный университет,
³Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск*

ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

В работе представлены результаты картографического моделирования температурного режима земельного фонда Новосибирской области по спутниковым данным, полученным с помощью спектрорадиометра MODIS/Terra.

Ключевые слова: MODIS, обработка спутниковых данных, температура подстилающей поверхности, картографическое моделирование почв.

Введение. Рациональное использование земельного фонда любой территории невозможно без построения картографических моделей температурных полей земной поверхности. Анализ таких моделей позволяет выделить климатические особенности регионального почвенного климата, выявить уникальность климата почв и указать степень их возможного сельскохозяйственного и производственного назначения [1-4].

В процессе изучения температуры почвы одним из источников информации могут выступать данные космической съемки в тепловом инфракрасном диапазоне [5-7]. Такими данными могут быть, например, снимки, полученные с помощью спектрорадиометра MODIS, установленного на спутнике Terra. Регулярность повторяемости съемки и значительный охват изучаемой (порой весьма труднодоступной) территории составляет несомненное преимущество использования данных дистанционного зондирования (ДДЗ) низкого пространственного разрешения [8, 9].

Для такого сложного природно-антропогенного комплекса, как Новосибирская область, знание оценки теплообеспеченности земельного фонда способствует повышению эффектив-

ности использования всех категорий земель, независимо от их целевого назначения, а его температурный режим представляет собой инструмент в исследовании экологического состояния территории, ее рационального природопользования [10-14].

Целью настоящей работы является картографическое моделирование температурных полей подстилающей поверхности в границах Новосибирской области по спутниковым данным Terra/MODIS для исследования температурного режима и выявления его особенностей. Для реализации заявленной цели проведен анализ полученных после обработки спутниковых снимков пространственно-временных рядов температур для различных временных интервалов, в том числе, и их агрегация. Среднегодовая температура поверхности Земли является простейшим метеорологическим индикатором, в котором, как в фокусе, отражены важнейшие физические процессы, происходящие в атмосфере и в почве. Таким образом, среднегодовая поверхностная температура является показателем особенностей почвенного климата и взаимодействия двух взаимопроникающих сред – почвенной и растительной.

Характеристика территории исследования. Изучаемая территория – Новосибирская область, располагается в глубине обширного евразийского континента в центре России на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. Долина р. Обь разделяет область на две неравные части, наибольшая (западная) представляет однородную равнину, меньшая (восточная) – всхолмленные возвышения с определенным ростом высот в восточном и, особенно, юго-восточном направлениях. Площадь территории области 177,76 тыс. км², ее протяженность с запада на восток – 642 км, с севера на юг – 444 км, заключена между 53°3' с. ш. до 57°25' с. ш. и 75° в. д. до 85°1' в. д. В пределах широкой полосы Обь - Иртышского междуречья в южной части Западно-Сибирской равнины расположена Барабинская лесостепь, территория которой представляет слабо приподнятую равнину (105-165 м н. у. м.), слегка наклоненную с северо-востока на юго-запад. Рельеф Барабы всхолмленный на севере и гривный или гривно-котловинный на юге. Ее характерным геоморфологическими особенностями являются заболоченные межгривные котловины, множество пресных и соленых озер, высокая степень залесенности и заболоченности на севере, которая резко снижается на юге [10, 12, 13]. Барабинская лесостепь – уникальный объект исследований в планетарном масштабе именно в силу равнинного характера своего рельефа, где практически в идеальном виде проявляется широтная биоклиматическая зональность. Это делает исследуемый регион перспективным для понимания динамики изменения зональности экосистем в условиях изменяющегося климата.

Расположенный на р. Обь г. Новосибирск является центром крупной агломерации, представляющей компактное скопление населенных пунктов, главным образом городских, местами срастающихся, объединенных в сложную многокомпонентную динамическую систему с интенсивными производственными, транспортными и культурными связями. Ядро агломерации образуют г. Новосибирск и примыкающие к нему города и поселки. Характерной особенностью Новосибирской городской агломерации является ее выраженная моноцентричность – площадь г. Новосибирска намного больше общей площади входящих в ее состав населенных пунктов. Развивающаяся городская агломерация оказывает мощное воздействие на объекты окружающей среды, в том числе является причиной образования островов тепла, которые приводят к изменению температурного режима урбанизированных территорий.

Таким образом, Новосибирская область, в целом, представляет собой сложный природно-антропогенный комплекс, а его температурный режим является одним из инструментов в исследовании экологического состояния территории [13, 14].

Область расположена в зонах южной тайги, смешанных лесов и лесостепи (рисунок 1). Климат Новосибирской области определяется как суровый: с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Суровость климата в первую очередь обеспечивается особенностями погодного режима в зимний период. В то же время строение рельефа внутренних частей и особенности подстилающей поверхности формируют местные климато-экологические различия, которые выражаются в характере растительности, снежного и почвенного покровов, густоте водной сети и т. д. [11].

Рисунок 1. Новосибирская область – территория исследования (Google Earth Pro)

Материалы исследования – пространственно-временные ряды данных. Одной из особенностей настоящего исследования является извлечение данных спутникового зондирования из архива ФИЦ ИВТ по технологии hVault [16] и последующая работа с ними. В отличие от традиционной загрузки отдельных сцен с последующим подключением к геоинформационной системе, что дает возможность визуализировать данные в виде наборов тематических слоев, но при этом затрудняет использование одновременно большого числа спутниковых снимков с применением сложных функций их обработки, технология hVault обеспечивает виртуальную интеграцию представленных в архиве данных в реляционной СУБД. В основе этой технологии лежит принцип представления данных в виде набора таблиц, содержащих данные спутниковых изображений или построенных на их основе информационных продуктов, с последующим анализом пространственно-временных рядов средствами СУБД. Отображение этих данных в таблицы производится следующим образом: каждой пространственной точке ставится в соответствие кортеж, содержащий географические координаты, временной интервал наблюдений и последовательность значений измеренных величин. В таком представлении извлечение и преобразование данных производится с помощью SQL-запросов, при этом для пользователя не имеет значение ни исходный формат хранения данных, ни их разделение на отдельные файлы. Программный модуль, реализующий этот принцип, разработан как расширение свободно распространяемой СУБД PostgreSQL [16].

В проведенном анализе пространственно-временных рядов ДДЗ использовались продукты, получаемые в результате обработки данных спектрорадиометра MODIS, установленного на спутнике Terra. Значения температуры восстанавливаются по измерениям интенсивности инфракрасного излучения, регистрируемого в каналах 31 (10.78-11.28 мкм) и 32 (11.77-12.27 12 мкм), по алгоритму [17], что составляет продукт MOD11A1. Содержащиеся в MOD11A1 данные представлены на регулярной сетке в синусоидальной проекции с размером ячейки ~1 км. При хороших (безоблачных) атмосферных условиях наблюдения алгоритм [17] обеспечивает точность восстановления температуры поверхности в пределах 1 К.

Для анализа пространственно-временных рядов температуры поверхности территории Новосибирской области рассчитаны средние значения температуры, измеренной в ночное и дневное время и их разности в точке: для всего года, в целом; для каждого календарного года с 2001 по 2014 гг.; для всего интервала с 2001 по 2014 гг., т. е. для 14 лет; и для весеннего периода с 10 апреля по 30 мая; также для каждого календарного года с 2001 по 2014 гг. (данные взяты из архива ФИЦ ИВТ). Среднее значение в точке за 14 лет вычисляется уже по посчитанным среднегодовым массивам. Это сделано для ускорения расчетов. Изучаемая территория покрывается 400000 точек. Можно с некоторой условностью сказать, что расчетная часть по технологии hVault эквивалентна одновременной работе с 365 снимками.

Обсуждение результатов. Среднегодовая температура поверхности почвы представляет метеорологический элемент, отражающий особенности теплообмена на протяжении года, и зависит от интенсивности солнечной радиации, особенностей циркуляции атмосферы и физических характеристик почвенного покрова. Для получения представления об измене-

ниях температурного режима Новосибирской области получим усредненную температуру поверхности сначала в географической точке территории за календарный год, а затем по всем рассматриваемым годам (с 2001 по 2014 гг.) (рисунок 2). По данным ночной съемки самая низкая минимальная средняя температура была в 2010 и 2012 гг., а самая высокая максимальная – в 2002 г. и чуть ниже в 2003 г. По данным дневной съемки самая низкая средняя температура была в 2010 г., а самая высокая – в 2010 и 2012 гг.

Рисунок 2. Средние поверхностные температуры по данным ночной и дневной съемок и их разность

По данным режимной сети Гидрометслужбы среднегодовая температура почвы на ее поверхности изменяется на 1-2°C, и при этом строго прослеживается зональность: 0°C – в подтайге, 1°C – в лесостепи и 2°C – в степи. Отмечается, что температуры поверхности засоленных почв на 1°C ниже, чем на незасоленных автоморфных.

По извлеченным пространственно-временным рядам поверхностной температуры определены средние значения в географической точке за один календарный год по данным ночной и дневной съемки и вычислены их разности. Такие расчеты проведены для каждого года с 2001 по 2014 гг. По полученным результатам можно судить о пространственной структуре температуры поверхности территории с позиции ее неоднородности, о качественных изменениях температурного режима от года к году.

На рисунке 3 и 4 показано распределение средней температуры по данным ночной, дневной съемки и их разности для 2002 г. и 2010 г., соответственно. Видно, что средние температуры значительно отличаются в эти годы, температуры подстилающей поверхности в 2002 г. выше, чем в 2010 г. Но как и в более суровом, так и в более мягком проявлении погодного режима отчетливо просматривается классическая широтная зональность распределения температуры поверхности, что весьма характерно для юго-востока Западной Сибири: с севера на юг, по зонам, наблюдается стабильное повышение и средних отрицательных, и средних многолетних минимальных температур, и абсолютного минимума температур. Таким образом, суровость зимнего периода возрастает с юга на север, что обуславливает и увеличение экологической нагрузки на организмы человека и животных во время зимних периодов [11].

Рисунок 3. Распределение средней температуры за 2002 г. а) данные ночной съемки, б) данные дневной съемки, в) разность данных дневной съемки и ночной

На рисунке 5 представлено распределение усредненной среднегодовой температуры поверхности почв в системе зональных типов климата Новосибирской области. Сначала определено среднее значение температуры в пикселе по данным за один календарный год за период 2001–2014 гг., далее найдено среднее за 2001-2014 гг. по результатам съемки в ночное и дневное время. Те же действия выполнены для разности дневной и ночной температуры подстилающей поверхности. Здесь отчетливо прослеживается широтная зональность распределения температуры почв с юга на север от зоны типичной степи до зоны южной тайги (рисунки 5 а, 5 б). В пределах зональных подразделений также могут быть выделены подзональные типы почвенных климатов Барабинской низменности – в северной подзоне распространены подзолистые и серые лесные почвы, лугово-черноземные солонцеватые и солончаковатые занимают ее центральную часть, и черноземы, выщелоченные и обыкновенные с остаточной солонцеватостью, преобладают в южной подзоне лесостепи. Температурные поля с близкими значениями температур, которые отмечаются на карте области, могут характеризовать разнообразие ландшафтных, антропогенных и других типов климата. Отмечаются термические ресурсы, не нашедшие отражения в генерализации зонального районирования, но которые могут быть выделены на картографических моделях, как имеющие самостоятельное экологическое значение. Средняя разность дневных и ночных температур меняется от больших на юге области к меньшим на севере, опять с четко выраженной широтной зональностью (рисунок 5 в).

Рисунок 4. Распределение средней температуры за 2010 г. а) данные ночной съемки, б) данные дневной съемки, в) разность данных дневной съемки и ночной

Рисунок 5. Распределение усредненной среднегодовой температуры подстилающей поверхности Новосибирской области за период 2001-2014 гг.:

а) данные ночной съемки, б) данные дневной съемки,
в) разность данных дневной и ночной съемок

На температуру почвы оказывает влияние тип почвы, характер ее засоления, гранулометрический состав. Таким образом, среднегодовая температура подстилающей поверхности по всей территории Новосибирской области изменяется от 0 до 2°C. Годовые температуры автоморфных и полугидроморфных почв положительны, изменчивость их по территории составляет 2,3-1,8°C. Засоленные почвы в среднем за год холоднее незасоленных.

Ярко выраженная сезонная ритмичность всех компонентов природы в умеренном поясе, в котором располагается Новосибирская область, обуславливает и сезонный ход температуры почвы, и своеобразие факторов климатообразования, что отражается в специфике теплового режима почв. За начало теплого и холодного периодов в почве приняты даты перехода через нулевую температуру, в первом случае – от отрицательных, в другом – от положительных.

На рисунке 6 приведены графики изменения средней дневной и ночной температуры по региону для 2002 и 2010 гг. Заметим, что переход от отрицательных средних дневных значений к положительным происходит в апреле (в редких, аномальных, годах в марте), а ночные температуры меняют знак в апреле. Хотя, как мы видим на графиках (рисунок 6), отрицательные значения случаются и в мае.

Рисунок 6. Средняя температура по региону за а) 2002 г, б) 2010 г.

Устойчивый переход от отрицательных температур к положительным знаменует начало теплого периода, что важно при сельскохозяйственном использовании земель. Однако провести исследование по установлению дня, когда на всей или части области и ночные, и дневные значения температуры поверхности становятся положительными, не представляется возможным ввиду значительных пропусков в анализируемых пространственно-временных рядах данных (и по пространству, и по времени). Тем не менее, нами предпринята попытка получить распределение температуры почвы в предполагаемые сроки весенней сезонной перемены знака значения температуры.

Большое значение для использования земель в сельскохозяйственных целях имеют сроки перехода ночной и дневной температуры через нулевую отметку. На рисунке 7 показаны результаты анализа весеннего изменения значений средней температуры вблизи дней изменения знака температуры. Рассмотрены три месячных периода: с 10 апреля по 10 мая 2010 г., с 20 апреля по 20 мая 2010 г. и с 1 мая по 30 мая 2010 г., для каждого периода получены средние в пикселе ночные и дневные температуры и их разности. Средние дневные температуры в указанные временные интервалы практически на всей территории становятся положительными, более того они значительно превышают 10°C , и мы их не приводим. А вот средние ночные температуры в пикселе еще отрицательные, но сравнивая три весенних периода, видно, что «потепление» поверхности происходит в широтно-зональном направлении (рисунок 7). В мае практически вся территория Новосибирской области оказывается уже в зоне положительных ночных температур (рисунок 7 в).

Рисунок 7. Распределение средней ночной температуры в пикселе за периоды:

а) 10.04–10.05.2010 г., б) 20.04–20.05.2010 г., в) 1.05–30.05.2010 г.

Соответствие цветов значениям температуры: темно-синий – $T < 0^{\circ}\text{C}$, светло-синий – $0^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$, зеленый – $5^{\circ}\text{C} < T < 10^{\circ}\text{C}$, красный $T > 10^{\circ}\text{C}$

Уже в мае температура поверхности почвы испытывает более значительные колебания, чем зимой, что хорошо видно на рисунке 8. Температура почвы скорее и интенсивнее переходит к положительным значениям, чем южнее расположена зона. Как видим, и здесь хорошо прослеживается зональность.

Рисунок 8. Распределение средней разности дневной и ночной температур в пикселе за периоды: а) 10.04–10.05.2010 г., б) 20.04–20.05.2010 г., в) 1.05–30.05.2010 г.

Для валидации данных Modis/Terra летом 2021 года на территории Новосибирской области, вблизи села Усть-Каменка Тогучинского района были установлены специализированные регистраторы температуры DS-1921 «Thermochron». Измерения проводились с 09.06.2021 по 20.09.2021. Датчики располагались в токах, где влияние рельефа местности было сведено к минимуму, поверхность однородная, заросшая травой. Для каждого датчика число извлеченных из архива соответствующих спутниковых измерений колебалось от 21 до 27 за весь исследуемый период. В остальное время территория находилась под влиянием облачности, либо данные не прошли проверку на качество. Типичные графики для дневных и ночных измерений представлены на рисунке 9. На приведенном рисунке средние разности температур составляют $\sim 2,3^{\circ}\text{C}$ как в дневное, так и в ночное время, а коэффициент корреляции – выше 0,8.

Рисунок 9. Графики дневных (а) и ночных (б) температур, полученных на основе наземных и спутниковых измерений (Modis/Terra) за период 09.06.2021–20.09.2021.

Горизонтальная шкала – номер измерения

Полученные результаты свидетельствуют не только о принципиальной достоверности спутниковых данных, но и позволяют судить о характере связи между наземными и спутниковыми данными. Так на основе данных ночной съемки мы видим, что в большинстве случаев наземные измерения превышают спутниковые, что может быть связано с тем, что поверхность земли остывает медленнее воздуха, а спутник улавливает влияние приземных воздушных масс.

Заключение. Температура поверхности почвы является важным индикатором в оценке нарушений климато-экологического взаимодействия. Полученные по результатам анализа пространственно-временных рядов спутниковых данных Terra/MODIS картографические модели термических ресурсов представляют интерес в оценке теплообеспеченности земельного фонда Новосибирской области, что дает возможность эффективного использования всех ка-

тегорий земель, независимо от их целевого назначения. Изучение температуры подстилающей поверхности позволяет также выявить особенности почвенного климата, что важно для рассмотрения экологических процессов и их взаимодействия с двумя взаимопроникающими средами – почвенной и растительной, и это также потребует анализа пространственно-временных рядов температуры подстилающей поверхности.

Полученные в ходе исследования результаты могут послужить основой для районирования территории области по степени безопасности природопользования.

Использованные источники:

1. Kudryasheva S.Ya., Chumbaev A.S., Pestunov I.A., Sinyavskiy Y.N., Chubarov D.L., Bezborodova A.N., Ermakov N.B. Cartographic Modeling of Soil Temperature Fields for Middle Siberia Transect Based on Conjoint Analysis of Automated Ground-based and Satellite Temperature Data // CEUR Workshop Proceedings, 2020. – Vol. 2534. – P.124-131. ISSN 1613-0073. http://ceur-ws.org/Vol-2534/21_short_paper.pdf.
2. Воронина П.В., Чубаров Д.Л., Добрецов Н.Н. Анализ временных рядов температуры поверхности Земли // Вычислительная математика и математическая геофизика: сб. трудов междунар. конф. посв. 90-летию со дня рождения акад. А.С. Алексеева. 2018. – С. 108-114.
3. Voronina P.V., Chubarov D.L., Dobretsov N.N. The Study of the Temperature Regime of the Novosibirsk Agglomeration According to the Satellite Sensing Data // CEUR Workshop Proceedings, 2020. – Vol. 2534. – P.327-333. ISSN 1613-0073. http://ceur-ws.org/Vol-2534/55_short_paper.pdf.
4. Воронина П.В., Чубаров Д.Л., Добрецов Н.Н. Тепловые аномалии Барабинской низменности. Первые результаты // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 4. – № 1. – С. 28-36.
5. Voogt J.A., Oke T.R. Thermal remote sensing of urban climates // Remote Sensing of Environment. – 2003. – No. 86. – P. 370-384.
6. Weng Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2009. – No. 64. – P. 335-344.
7. Weng Q., Quattrochi D.A. Thermal remote sensing of urban areas: An introduction to the special issue // Remote Sensing of Environment. – 2006. – No. 104. – P. 119-122.
8. Cheval S., Dumitrescu A. The July urban heat island of Bucharest as derived from MODIS images // Theoretical and Applied Climatology. – 2009. – No. 96. – P. 145-153.
9. Pu R., Gong P., Michishita R., Sasagawa T. Assessment of multi-resolution and multi-sensor data for urban surface temperature retrieval // Remote Sensing of Environment. – 2006. – No. 104. – P. 211-225.
10. Почвенно-климатический атлас Новосибирской области. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. – 121 с.
11. Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. – Новосибирск: СГГА, 2011. – 228 с.
12. Кравцов В.М., Донукалова Р.П. География Новосибирской области. – Новосибирск: Инфолио-пресс, 1999. – 205 с.
13. Западно-Сибирская низменность. М.: География, 1963. – 262 с.
14. Кузнецов А.В., Кузнецов Н.А. Охотничьи угодья Новосибирской области. - 3-е изд., доп. и перераб. – Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 1987. – 232 с.
15. Shokin Y.I., Pestunov I.A., Chubarov D.L., Kikhtenko V.A., Mamash E.A., Dobretsov N.N., Voronina P.V., Sinyavsky Y.N. Information System for Satellite Data Acquisition, Archiving and Analysis as an Instrument for Monitoring of Objects of Artificial and Natural Origin // CEUR Workshop Proceedings, 2020. Vol. 2534. P.229-240. ISSN 1613-0073. http://ceur-ws.org/Vol-2534/39_short_paper.pdf.
16. Шокин Ю.И., Добрецов Н.Н., Мамаш Е.А., Кихтенко В.А., Воронина П.В., Смирнов В.В., Чубаров Д.Л. Информационная система приема, обработки и доступа к спутниковым данным и ее применение для решения задач мониторинга окружающей среды // Вычислительные технологии. – Т. 20. – № 5. – С. 157-174.
17. Wan Z., Dozier J. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space // IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing. – Vol. 34. – No. 4. – P. 892-905.

УДК 631.3:004.04

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-48-51

*Гарафутдинова Л.В.,
СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

ИНТЕГРАЦИЯ ГИС И МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕШЕНИЙ

При принятии важных и сложных пространственных решений, связанных с землепользованием, необходима соответствующая информация и инструменты для понимания свойственных им компромиссов. Многокрите-