

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ

XXI Международный научный конгресс

Сборник материалов в 8 т.

Т. 1

Международная научная конференция

**«ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ»**

№ 2

Новосибирск
СГУГиТ
2025

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии
и маркшейдерского дела СГУГиТ, г. Новосибирск
Г. А. Уставич

Доктор технических наук, профессор кафедры инженерной геодезии
и маркшейдерского дела СГУГиТ, г. Новосибирск
А. А. Шоломицкий

Кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии
и маркшейдерского дела СГУГиТ, г. Новосибирск
В. А. Скрипников

Доктор технических наук, профессор кафедры маркшейдерского дела и геодезии
Карагандинского государственного технического университета,
Республика Казахстан, г. Караганда
Ф. К. Низаметдинов

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XXI Международный научный конгресс, 21–22 мая 2025 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. № 2 – 182 с. – ISSN 2618-981X. – Текст : непосредственный.

DOI 10.33764/2618-981X-2025-1-2

В сборнике опубликованы материалы XXI Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь», представленные на Международной научной конференции «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

Издание может содержать сведения об иностранных агентах

УДК 528

© СГУГиТ, 2025

Э. Ж. Абдулина¹✉, Н. Н. Кобелева¹

Методика геодезического контроля устойчивости откосов и ступенчатых террас при разработке проекта объекта капитального строительства каскадно-секционного типа

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: Abdulina-EZH2023@sgugit.ru

Аннотация: Развитие городской инфраструктуры и постоянный рост населения часто приводят к необходимости строительства жилых объектов на участках со сложной топографией. Такие участки вызывают большой интерес у архитекторов, инженеров и градостроителей, так как требуют нестандартных и инновационных подходов и стратегий для разработки проектов объектов капитального строительства жилого назначения. Особую актуальность приобретает проблема обеспечения устойчивости инженерных сооружений, расположенных на откосах и террасированных участках. В работе рассматривается методика геодезического контроля устойчивости откосов и ступенчатых террас при реализации проекта капитального строительства каскадно-секционного типа на участке в г. Новосибирске, в Заельцовском районе, уклон которого составляет 12,3°, площадь 8,16 га. Посадка здания и благоустройство территории выполнены с учетом главного критерия застройки: максимальное сохранение существующего ландшафта, выполнение зданием функции «пригруза» грунта, обыгрывающий городскую среду архитектурный вид здания, а также укрепление откосов (90°) подпорными каменными стенками. Для осуществления геодезического мониторинга сдвигов откосов, проектом предусмотрен способ расположения рабочих реперов на основании и конце террас, а расположение опорного репера и пункта принудительного центрирования вне зоны воздействия оползневых процессов. Рассмотренная методика может быть использована как в ходе строительства, так и на этапах эксплуатации объектов, обеспечивая повышение надёжности, снижение рисков и предотвращение последствий геодинамических процессов.

Ключевые слова: геодезический контроль, сложный рельеф, устойчивость откосов, каскадно-секционная застройка, ступенчатые террасы, мониторинг, объекты капитального строительства

E. J. Abdulina¹✉, N. N. Kobeleva¹

Methodology of geodetic control of the stability of slopes and stepped terraces in the development of a project for a capital construction project of a cascade-sectional type

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: Abdulina-EZH2023@sgugit.ru

Abstract: The development of urban infrastructure and the constant growth of population often lead to the need to build residential properties on sites with complex topography. Such sites are of great interest to architects, engineers and urban planners, as they require non-standard and innovative approaches and strategies for the development of projects for capital construction of residential purposes. The problem of ensuring the stability of engineering structures located on slopes and terraced areas is becoming especially relevant. The paper examines the methodology of geodetic control of

the stability of slopes and stepped terraces during the implementation of a capital construction project of a cascade-sectional type on a site in Novosibirsk, in the Zael'tsovsky district, the slope of which is $12,3^\circ$, the area of which is 8.16 hectares. The building's placement and landscaping were carried out taking into account the main criteria for development: maximum preservation of the existing landscape, the building's function of "loading" the soil, the architectural appearance of the building that plays with the urban environment, as well as the strengthening of the slopes (90°) with retaining stone walls. To carry out geodetic monitoring of slope shifts, the project provides for a method of locating working benchmarks at the base and end of terraces, and the location of the reference benchmark and forced centering point outside the zone of influence of landslide processes. The considered methodology can be used both during construction and at the stages of operation of facilities, ensuring increased reliability, reduced risks and prevention of the consequences of geodynamic processes.

Keywords: geodetic control, complex terrain, slope stability, cascade-sectional development, stepped terraces, monitoring, capital construction projects

Введение

Развитие городской инфраструктуры и ограниченность пригодных для строительства равнинных участков вынуждают расширять границы освоения территорий, включая зоны с выраженным рельефом и крутыми уклонами. Во многих регионах такие участки составляют значительную часть доступной земли, особенно в горных и предгорных районах, вблизи транспортных узлов, промышленных зон или природных объектов, представляющих интерес для рекреационного и жилого строительства. Освоение участков со сложной топографией позволяет рационально использовать дефицитные земельные ресурсы, реализовывать оригинальные архитектурно – планировочные решения, сокращать протяженность инженерных коммуникаций за счёт компактной застройки, обеспечивать выразительные виды и благоприятные условия инсоляции в жилых и общественных зданиях.

Выбор участков с крутым уклоном (более 20%) под возведение объектов капитального строительства имеет ряд трудностей, связанных с естественными склоновыми процессами, такими как, оползни, обвалы и осыпи, которые представляют собой смещение грунтов и горных пород на склоне под действием сил гравитации, а также дополнительных внешних факторов, таких как гидродинамические, вибрационные, сейсмические и другие воздействия [1].

К участкам со сложным рельефом относятся земли с наличием холмов, оврагов, склонов, сопок, резких перепадов высот и т.д. При освоении таких территорий чаще всего применяют одно из наиболее распространённых инженерных решений – каскадно-секционные типы застройки, предполагающие формирование системы ступенчатых террас и откосов. Элементы таких зданий сдвинуты относительно друг друга по вертикали. Объекты капитального строительства такого типа выполняют функцию «пригрузки» грунта, способствуя его стабилизации и предотвращению развития оползневых процессов и денудационных изменений. Рассматриваемый тип застройки обширно используется при строительстве на земельных участках с крутым уклоном, как в зарубежной, так и в отечественной практике, поскольку представляет собой рациональный способ обеспечения устойчивости склонов с одновременным сохранением и адаптацией природного

ландшафта. Наряду с инженерно-технической ролью, такие сооружения вносят вклад в формирование разнообразной архитектурной среды, повышая эстетическую выразительность и пространственную идентичность городской застройки [2].

Геодезический контроль играет ключевую роль при строительстве объектов на территориях с крутым уклоном, где возрастает вероятность развития деформационных процессов, связанных с нестабильностью грунтов, оползневыми явлениями и осадками сооружений. В условиях сложного рельефа высока чувствительность инженерных конструкций к даже незначительным смещениям и деформациям, что требует точного и систематического наблюдения за геометрическими параметрами объекта и окружающей среды на всех этапах – от подготовительных работ до эксплуатации [3].

Целью данного исследования является разработка методики геодезического контроля за горизонтальными и вертикальными сдвигами откосов и ступенчатых террас при создании проекта объекта капитального строительства каскадно-секционного типа в конкретной природно-климатической и грунтовой ситуации в городе Новосибирск.

Разработка проекта посадки здания на выбранном участке

Разработка проекта посадки здания на территории со сложным рельефом представляет собой ключевой этап проектирования, от которого напрямую зависит устойчивость, функциональность и безопасность будущего объекта. При выборе места размещения здания учитываются как геометрические характеристики рельефа, так и инженерно-геологические условия, включая тип и состояние грунтов, уровень грунтовых вод, склонность территории к оползневым или эрозионным процессам.

В работах [4, 5] выполнен анализ территории города Новосибирска и отмечено переменчивое повышение абсолютных отметок в сторону северо-востока правобережья г. Новосибирска. В результате для исследования выбрана территория земельного участка с кадастровым номером 54:35:000000:21224, уклоном территории равной 12,3° (218,04 ‰) и площадью 8,16 га, расположенный по ул. Сухарная, Заельцовского района, 55° 04' 76,81" северной широты, 82° 05' 69,26" восточной долготы [4 – 7].

При выборе проектной площадки необходимо учитывать наличие сетей инженерно-технического обеспечения, существующей дорожно-транспортной инфраструктуры, а также направление и характер изменения высотных отметок рельефа местности, что имеет принципиальное значение для обоснования проектных решений по посадке здания и организации вертикальной планировки.

На основании анализа материалов топографической съёмки исследуемого земельного участка (рис. 1) выявлено наличие инженерных сетей, включая линии электроснабжения, газопровода, водопровода и канализации. По южной границе участка проходит асфальтобетонная проезжая часть (ул. Сухарная), которая может быть использована в качестве основного въезда на территорию при формировании внутренней транспортной схемы. Рельеф характеризуется понижением

высотных отметок в направлении к северной части участка, в сторону русла реки Нижняя Ельцовка.

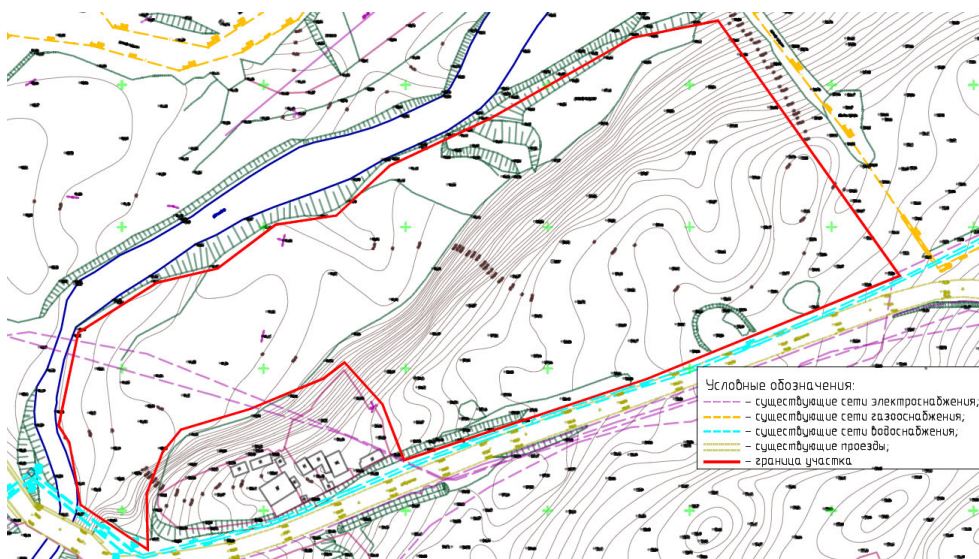


Рис. 1. Топографическая съемка территории земельного участка

Одной из основных задач при посадке объектов на существующий рельеф является максимальное сохранение ландшафта, поэтому целесообразно возводить здания каскадно-секционного типа параллельно существующим горизонталям (Рис.2) [8].



Рис. 2. Проект посадки здания на рельеф

Далее, проектируется линия продольного профиля вдоль здания (рис. 3).

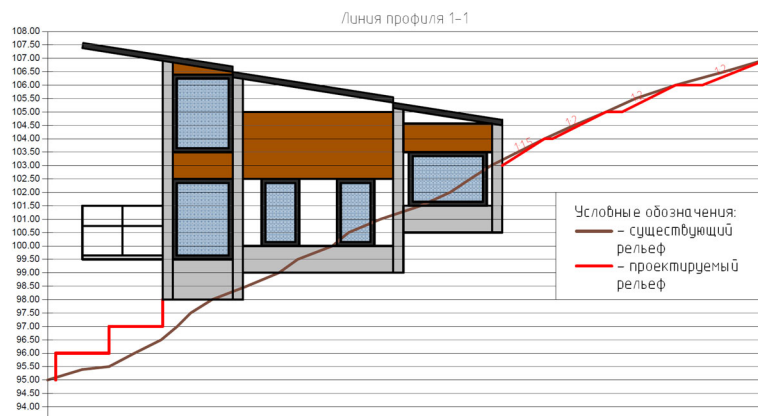


Рис. 3. Посадка здания на рельеф

Визуализация объекта капитального строительства, размещенного на выбранном земельном участке, показана на рис. 4.



Рис. 4. Визуализация проектируемого объекта

При таком расположении объекта капитального строительства соблюдаются следующие критерии: максимальное сохранение существующего рельефа; объект выполняет функцию «пригруза» грунта, что предотвращает обвалы и смещение земной поверхности; архитектурный вид вписывается в окружающую среду земельного участка.

Помимо укрепления откоса при размещении здания каскадно-секционного типа, откосы в 90° следует укреплять подпорными стенками (рис. 5), выполненными из камня, выложенным способом мощения, под каждую из которых требуется свой фундамент.

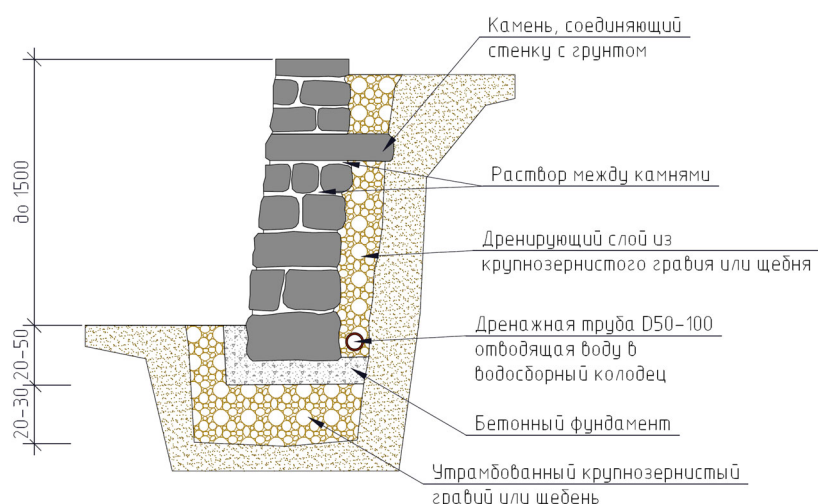


Рис. 5. Конструкция подпорной стенки

В проекте особое внимание уделяется обеспечению устойчивости основания здания за счёт его рационального размещения на естественных или искусственно сформированных горизонтальных площадках, что снижает нагрузку на склон и минимизирует вероятность деформаций.

Методика геодезического контроля устойчивости откосов и ступенчатых террас

Геодезический контроль представляет собой неотъемлемую часть системы инженерно–геологических наблюдений, направленных на обеспечение устойчивости откосов и террас, формируемых при освоении сложных территорий. В условиях каскадной застройки, где активно используются многоярусные планировочные решения, геодинамическая устойчивость склонов приобретает критическое значение для обеспечения безопасности и долговечности, как самих объектов капитального строительства, так и окружающей инфраструктуры.

Основная роль геодезического контроля заключается в высокоточной фиксации пространственных перемещений характерных точек на откосах, террасах и строительных конструкциях, позволяющей своевременно выявлять признаки неустойчивости. Постоянный мониторинг с применением современных методов – таких как высокоточное нивелирование, тахеометрические измерения, GNSS-наблюдения и лазерное сканирование – обеспечивает объективную оценку состояния контролируемой территории и позволяет прогнозировать развитие опасных деформационных процессов.

В работе предложен способ наблюдения за состоянием ступенчатых террас и откосов в 90° , используемый в промышленной отрасли для мониторинга устойчивости карьерных откосов путем заложения в начале и конце уступа откоса рабочих реперов [9].

Суть данного метода состоит в том, что рабочие репера располагаются у основания и на конце террас, при этом в обычное время столбы реперов высотой

1,50 м и с отсеками для размещения светоотражающих пластин (рис. 6) играют роль лестничных перил.

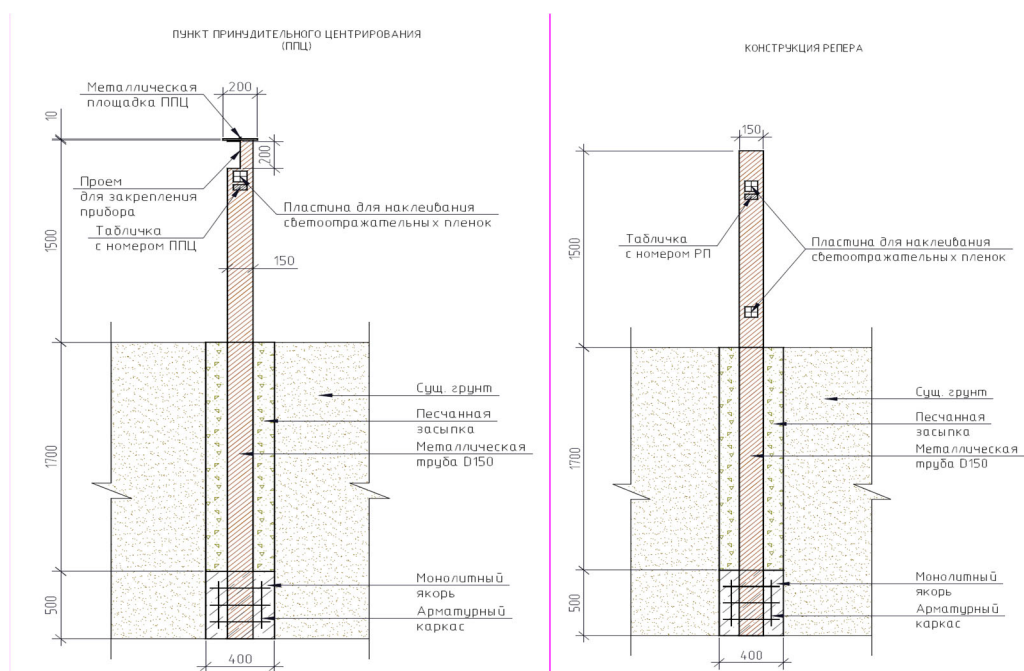


Рис. 6. Конструкция ППЦ и рабочего репера

При этом, пункт принудительного центрирования (ППЦ) для установки прибора (тахеометра) должен располагаться в зоне отсутствия влияния оползневых процессов, как и опорный репер (Рис. 7, 8). Максимальное расстояние от тахеометра до светоотражающей пластины составляет 30,0 м, угол визирования на пластины не более 30° , что обеспечивает отсутствие фактора потери точности измерений.

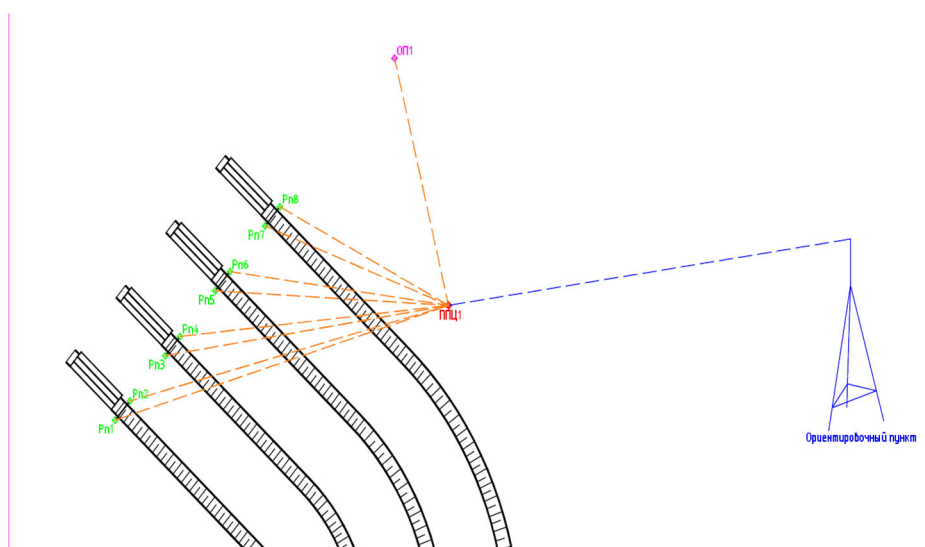


Рис. 7. Схема расположения ППЦ, рабочих реперов (Рп) и опорного репера (ОП)



Рис. 8. Наглядная визуализация расположения реперов

Предложенная методика наблюдения за состоянием террас позволяет увидеть сдвиги опасных зон ступеней (оснований и концов) для своевременного принятия решений о дополнительном укреплении грунта. Для правильного выполнения работ по мониторингу в таких случаях следует собрать сведения о наличии пунктов государственной геодезической сети, данные о системе координат и высотных отметок, а также определить периодичность проведения измерений.

При использовании систем на основе автоматизированных тахеометров необходимо составить: план расположения измерительных инструментов, рабочих и опорных реперов, схему крепления светоотражающих пластин, а также конструктивную схему базы, на которой должен располагаться прибор.

Заключение

Строительство объектов капитального типа на участках со сложным рельефом, в том числе с формированием откосов и ступенчатых террас, требует комплексного подхода к обеспечению устойчивости инженерных сооружений и прилегающей территории.

Разработанная методика геодезического контроля предусматривает регулярное высокоточное наблюдение за деформациями откосов и террас с использованием современных измерительных технологий. Она включает этапы подготовки сети наблюдений, выбор рационального состава геодезических средств, определение периодичности измерений, а также анализ и интерпретацию полученных данных в контексте оценки устойчивости. Методика может быть эффективно интегрирована в процесс инженерно-геологических наблюдений при проектировании и эксплуатации каскадных застроек.

Проектирование на участках со сложным рельефом является уникальной, но выполняемой задачей для инженеров-проектировщиков, архитекторов, градо-

строителей и т.д. При соблюдении всех норм и правил такое проектирование зданий каскадно-секционного типа на ступенчато-разработанном земельном участке является интересным решением для разнообразия городской инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 436.1325800.2018. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от оползней и обвалов. Дата введения 2018-12-05 // Минстрой России [электронный ресурс]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18471/> (дата обращения: 03.03.2025).
2. Пономарев, Е.С., Покка, Е.В., Андреева, К.А. Террасированная застройка как основной фактор создания комфортного визуального восприятия архитектурной среды при освоении сложного рельефа // Известия КГАСУ. – Казань, 2022 – С. 72-81.
3. СП 305.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. Дата введения 2017-10-17 // Минстрой России [электронный ресурс]. – URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/16046/> (дата обращения: 03.03.2025).
4. Абдулина Э. Ж., Кобелева Н.Н. Разработка проекта объекта капитального строительства на участке с крутым уклоном // Сборник материалов «Национальной научно-практической конференции Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения». Новосибирск: СГУГиТ, 2024. – № 1. – С. 3–9.
5. Абдулина Э. Ж., Кобелева Н.Н. Разработка проекта объекта капитального строительства жилого назначения на участках со сложным рельефом на территории г. Новосибирска // Сб. материалов международного научного конгресса «ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ», Новосибирск: СГУГиТ, 2024. Т. 1. – С. 138–149.
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2004 (ред. от 14.07.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.12.2022) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2022. – № 190.
7. Постановление №3018 от 30.08.2022. О проекте планировки территории, ограниченной улицами Сухарной, Владимировой, береговой линией реки Оби, в Железнодорожном и Заельцовском районе // Департамент строительства и архитектуры мэрии города Новосибирска. [электронный ресурс]. – URL: <https://novo-sibirsk.ru/upload/iblock/5f2/> (дата обращения: 03.03.2025).
8. Леонтович, В.В. Вертикальная планировка городских территорий // Пособие для вузов – Москва, 1985 – 109 с.
9. Низаметдинов, Ф.К., Мустафин, М.Г., Ожигин, С.Г., Туякбай, А.С. Геомониторинг состояния устойчивости карьерных откосов // Известия КарГТУ. – Караганда, Республика Казахстан, 2020 – С. 176-185.

© Э. Ж. Абдулина, Н. Н. Кобелева, 2025

В. А. Петручок¹✉

Факторы, влияющие на точность определения деформаций земной коры на техногенных геодинамических полигонах

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: vladenbob@yandex.ru

Аннотация. Выполнен обзор факторов, влияющих на точность определения деформаций земной коры на геодинамических полигонах. На математической модели геодинамического полигона проверены гипотезы о влиянии ряда факторов на результаты математической обработки измерений. Оценка влияния фактора на определение скоростей движений земной коры производилась по изменению значения суммы квадратов разностей модельных смещений и смещений, полученных при уравнивании. В результате исследования выявлено влияние фактора геометрии сети, влияние остальных факторов не удалось подтвердить на выбранной модели. Отсутствие влияния на данной модели не позволяет исключать данные факторы из списка потенциально возможных и требует дополнительных исследований. Актуальной задачей является также проверка гипотезы о том, что влияние на результат могут оказывать определенные комбинации факторов. Анализ факторов, влияющих на точность определения деформаций, поможет дать адекватную оценку смещений земной поверхности, а также разработать рекомендации для проектирования и обработки измерений на геодинамических полигонах.

Ключевые слова: уравнивание геодезических измерений, геодинамический полигон, конфигурация сети, деформация земной поверхности

V. A. Petruchok¹✉

Factors affecting the accuracy of determining crustal deformations at man-made geodynamic polygons

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: vladenbob@yandex.ru

Abstract. An overview of the factors influencing the accuracy of determining the deformations of the Earth's crust at geodynamic polygons is performed. Hypotheses about the influence of a number of factors on the results of mathematical processing of measurements have been tested on the mathematical model of a geodynamic polygon. The influence of the factor on the determination of the speeds of movements of the Earth's crust was estimated by changing the value of the sum of the squares of the differences in model displacements and displacements obtained by separate and joint equalization. As a result of the study, the influence of the network geometry factor was revealed, the influence of other factors could not be confirmed on the selected model. The lack of influence on this model does not allow us to exclude these factors from the list of potential possible ones and requires additional research. An urgent task is also to test the hypothesis that certain combinations of factors can influence the result. An analysis of the factors affecting the accuracy of determining deformations will help to provide an adequate assessment of the displacements of the Earth's surface, as well as develop recommendations for the design and processing of measurements of geodynamic polygons.

Keywords: equalization of geodetic measurements, geodynamic polygon, network configuration, deformation of the Earth's surface

Введение

Существующие подходы к проектированию геодинимических сетей и математической обработке измерений, выполненных на пунктах геодинимических полигонов, нередко игнорируют ряд факторов, влияющих на точность определения деформаций земной коры. Например, влияние геометрии сети и характера распределения смещений земной коры. В связи с этим возникает вопрос о поиске универсального подхода к проектированию и математической обработке повторных геодезических измерений на пунктах геодинимических полигонов для наиболее точной оценки смещений и деформаций земной коры.

В настоящем исследовании произведен анализ факторов, влияющих на точность определения геодинимических параметров, а также рассмотрен пример математической модели геодинимического полигона, на котором оценено влияние факторов конфигурации сети и характера распределения деформации, а также вариативности расчета приближённых координат пунктов на результат уравнивания.

Анализ влияния факторов на результат уравнивания повторных геодезических измерений производился путем сравнения суммы квадратов разностей модельных смещений и смещений, полученных в результате уравнивания сети.

Факторы, влияющие на точность определения смещений и деформаций земной коры

Точность выявления деформаций земной коры в рамках геодинимических исследований определяется совокупностью взаимосвязанных факторов, действующих на всех этапах работы – от проектирования сети до интерпретации данных. Несмотря на детальную проработку вопросов, связанных с инструментальными погрешностями и методиками полевых измерений, значительная часть неопределенностей возникает на этапах математической обработки и моделирования, что требует отдельного анализа.

На этапе проектирования ключевым аспектом становится формирование геодезической сети, способной отслеживать ожидаемые деформационные процессы. Конфигурация расположения пунктов, их плотность и распределение в пространстве должны соответствовать геодинимической модели изучаемого региона. Оптимальное проектирование, учитывающее прогнозируемые деформации и физические свойства среды, позволяет добиться такого соответствия. Исследованием конфигурации и оптимального проектирования геодинимических сетей занимались М. Д. Герасименко, Н. В. Шестаков, К. И. Маркович, П. А. Докукин, В. И. Кафтан [1–3].

Особую роль играет выбор исходных пунктов, которые служат основой для определения смещений. Если опорные точки расположены в зонах скрытой тектонической активности или подвержены локальным подвижкам, это вносит систематические искажения в расчеты. Исследования по выбору исходных пунктов проведены И. Е. Дороговой и Г. А. Шароглазовой [4, 5]. В патенте С. В. Шевчука [6] разработана методика определения размеров геодинимического полигона, с

условием размещения опорных пунктов в каждом из крыльев разлома за пределами их геодинамического влияния. Кроме того, даже при идеальной конфигурации сети на уравнивание геодезических измерений оказывает влияние инструментальная погрешность измерений, обусловленная техническими характеристиками оборудования и внешними условиями. Исследования о возможностях использования спутниковых приёмников на геодинамических полигонах проводили В. И. Кафтан и Н. В. Шестаков [7, 8]. Также в работе Ю. В. Вершининой [9] предложено структурное построение и закрепление геодезических сетей повторных геодезических измерений. Доказано, что интерпретация результатов повторных геодезических измерений невозможна без решения проблемы влияния на пункты экзогенных факторов, в частности иерархично-блоковой структуры земной коры [10].

В данной работе были рассмотрены факторы, оказывающие влияние на этапе математической обработки результатов геодезических измерений: такие как влияние выбора методики обработки, вариативность получения приближенных координат пунктов, однородность распределения смещений пунктов геодинамических полигонов, а также влияние геометрии сети на результат уравнивания. Исследования по математической обработке результатов измерений на геодезических сетях проводили также С. В. Гришко, Э. Р. Мирмахмудов, В. А. Падве, Н. С. Косарев [11–13].

Анализ результатов уравнивания повторных геодезических измерений на геодинамическом полигоне и выявление факторов, повлиявших на них

Для исследования была составлена математическая модель геодинамического полигона из 10 пунктов. Протяженность полигона составляет 20,5 км в направлениях север-юг и запад-восток, площадь геодинамического полигона равна 264 км².

Для первого эксперимента была выбрана конфигурация сети с треугольниками, близким к равносторонним (рис. 1, а). Для второго эксперимента была изменена конфигурация сети, в котором треугольники в сети приняли максимально вытянутую форму (рис. 1, б).

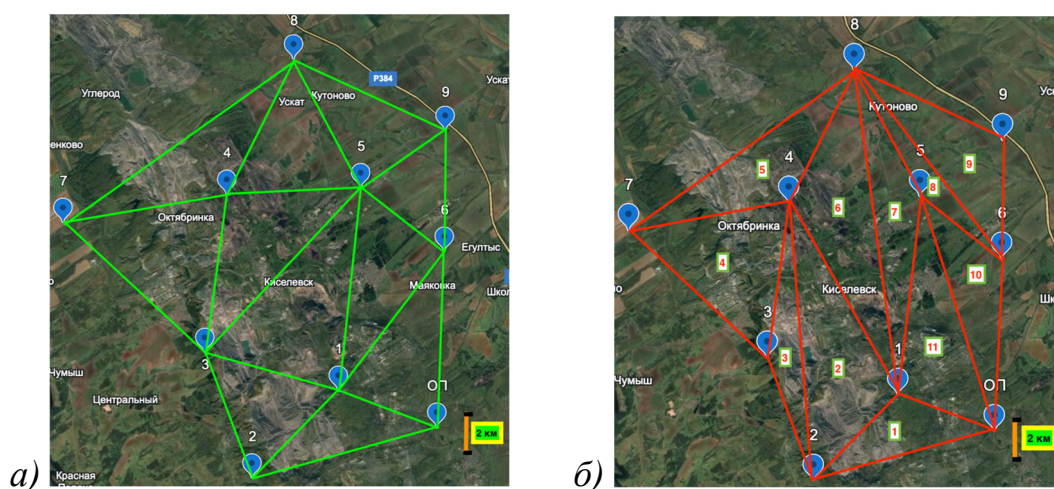


Рис. 1. Конфигурация сети: а) с наиболее «правильными» треугольными элементами; б) с вытянутыми треугольными элементами

Модельные смещения земной коры для проведения первого и второго эксперимента были назначены под условием однородности деформации (однонаправленности векторов смещений). Данные смещения продемонстрированы в табл. 1.

Таблица 1

Модельные смещения

Пункт	X, м	Y, м	Z, м
ОП	-	-	-
1	0,009	-0,012	0,007
2	0,010	-0,009	0,006
3	0,011	-0,014	0,008
4	0,009	-0,013	0,011
5	0,012	-0,011	0,013
6	0,008	-0,008	0,010
7	0,007	-0,009	0,009
8	0,009	-0,010	0,008
9	0,012	-0,007	0,012

В результате сумма квадратов разностей модельных смещений и смещений, полученных в уравнивании для первого эксперимента (рис. 1, а), составила 0,00279 м². Во втором эксперименте, где была изменена конфигурация сети (рис. 1, б), сумма квадратов разностей модельных смещений и вычисленных смещений составила 0,003006 м².

Вычисление суммы квадратов разностей смещений для всех пунктов продемонстрировано в табл. 2

Таблица 2

Сумма квадратов разностей для 1 эксперимента

Пункт	X, м	Y, м	Z, м
1	0,000084	0,000172	0,000080
2	0,000136	0,000092	0,000051
3	0,000146	0,000208	0,000087
4	0,000092	0,000132	0,000115
5	0,000172	0,000079	0,000172
6	0,000066	0,000052	0,000139
7	0,000089	0,000068	0,000105
8	0,000035	0,000083	0,000019
9	0,000065	0,000075	0,000175
Сумма, м	0,000886	0,000961	0,000943
Сумма, м		0,002790	

Для третьего эксперимента использовалась конфигурация полигона с вытянутыми треугольниками и изменёнными модельными смещениями земной коры.

Пункты полигона были разделены на две группы, имеющие разный характер движения, для симуляции двух блоков земной коры. Измененные модельные смещения земной коры отражены в табл. 3.

Таблица 3

Измененные модельные смещения

Пункт	X , м	Y , м	Z , м
ОП	-	-	-
1	0,009	-0,012	0,007
2	0,010	-0,009	0,006
3	0,011	-0,014	0,008
4	-0,009	0,013	-0,011
5	-0,012	0,011	-0,013
6	-0,008	0,008	-0,010
7	-0,007	0,009	-0,009
8	-0,009	0,010	-0,008
9	-0,012	0,007	-0,012

В результате уравнивания сумма квадратов разностей смещений с измененными модельными смещениями составила 0,002719 м².

Для четвертого эксперимента использовался полигон с вытянутой формой треугольников и модельными смещениями из табл. 1. В данном опыте оценивалось влияние на результат уравнивания выбора пути определения приближенных координат пунктов. В предыдущих экспериментах на модельном полигоне приближенные значения координат пунктов вычислялись кратчайшим путем по отношению к опорному пункту (рис. 2, а). В данном эксперименте приближенные координаты определяли последовательно, то есть для каждого последующего пункта добавлялась линия для их определения (рис. 2, б). В результате сумма квадратов разностей была идентична второму эксперименту, равна 0,003006 м².

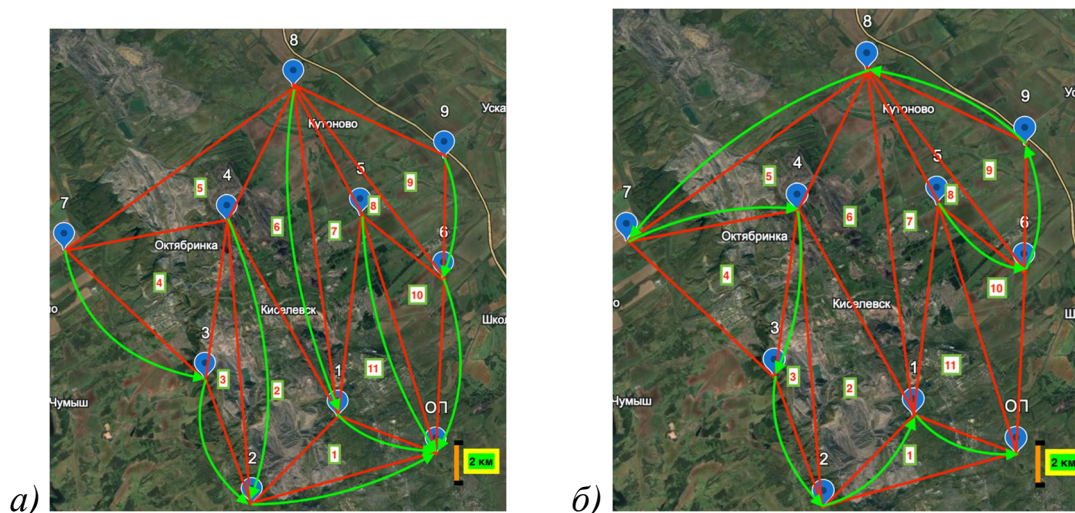


Рис. 2. Пути определения приближенных координат: а) кратчайшим путем к опорному; б) последовательное вычисление от опорного пункта

Итоговое сравнение результатов всех выполненных экспериментов представлено в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение результатов уравнивания

№	Полигон	Сумма квадратов разностей, м ²
1	Эталонный полигон	0,002790
2	Полигон с измененной конфигурацией	0,003006
3	Полигон с измененным направлением смещений	0,002719
4	Полигон с изменением пути определения приближенных координат	0,003006

Заключение

Таким образом, в исследовании выполнен небольшой эксперимент для выявления факторов, повлиявших на результаты уравнивания модели полигона. Результаты эксперимента продемонстрировали влияние геометрии сети на итог уравнивания. Изменение характера деформации (направлений смещений пунктов) и изменение способа определения приближенных координат пунктов не привели к различиям в результатах уравнивания. Что говорит о том, что эти факторы не повлияли в нашем случае, но не исключает возможности их влияния на результаты на других объектах и при другом сочетании факторов.

В работе [3] отмечено влияние конфигурации сети на среднеквадратические ошибки определения параметров деформации. Этот вопрос также планируется рассмотреть для оценки суммарного влияния конфигурации на этапах уравнивания и последующего определения параметров деформации земной коры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маркович, К. И. Влияние конфигурации конечных элементов на точность определения компонентов деформации / К. И. Маркович // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2019. – Т. 24, № 3. – С. 37-51. – DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-3-37-51. – EDN LXLEFT.
2. Шестаков, Н. В. К Вопросу об оптимальном проектировании деформационных геодезических GPS-сетей / Н. В. Шестаков, М. Д. Герасименко // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 5. – С. 11-17. – EDN VBCAYB.
3. Докукин, П. А. Влияние формы треугольников в геодезической сети на результаты определения деформаций земной поверхности / П. А. Докукин, В. И. Кафтан, Р. И. Красноперов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 5. – С. 6-11. – EDN UYVGXZ.
4. Дорогова, И. Е. Влияние выбора исходных пунктов на результаты уравнивания повторных геодезических измерений / И. Е. Дорогова // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 209-213. – EDN TVWXDB.
5. The reference system in determining the parameters of horizontal deformations of the earth's crust on geodynamic polygons / G. A. Sharoglazova, M. D. Gerasimenko, T. Nedashkivska [et al.] //

International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2019. – Vol. 8, No. 2S11. – P. 3867-3871. – DOI 10.35940/ijrte.B1513.0982S1119. – EDN UJIYXL.

6. Патент № 2761547 С1 Российская Федерация, МПК E02D 1/02. Способ выбора параметров геодинимического полигона на геодинимически опасных объектах освоения недр : № 2020139743 : заявл. 03.12.2020 : опубл. 09.12.2021 / С. В. Шевчук, А. С. Батугин, С. С. Квятковская ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Газпром ПХГ". – EDN IBXEXE.

7. Оценка точности ГНСС-наблюдений на эталонном базисе как средство проверки измерительной аппаратуры локального геодинимического мониторинга / В. И. Кафтан, В. Н. Татаринов, А. И. Маневич [и др.] // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81, № 7. – С. 37-46. – DOI 10.22389/0016-7126-2020-961-7-37-46. – EDN XKTEIL.

8. Шестаков, Н. В. Учет сезонных вариаций координат GPS/ГЛОНАСС пунктов при определении современных движений земной коры / Н. В. Шестаков, Г. Н. Герасимов, М. Д. Герасименко // Гео-Сибирь. – 2009. – Т. 1, № 2. – С. 287. – EDN PFTZIR.

9. Вершинина, Ю. В. Геодезическое обеспечение мониторинговых наблюдений за деформационными процессами на геодинимических полигонах нефтегазовых месторождений : специальность 25.00.32 "Геодезия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Вершинина Юлия Васильевна. – Санкт-Петербург, 2016. – 22 с. – EDN ZQCCQX.

10. Дорогова И.Е. Выявление блоковой структуры области земной коры, испытывающей горизонтальные движения вращательного характера / И.Е. Дорогова // Геодезия и картография. – 2013. – № 5. – С. 36-39.

11. Уравнивание спутниковых сетей. Предварительная оценка точности проектов спутниковых измерений: учебно-метод. пособие / С.В. Гришко. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010 – 20 с.

12. Мирмахмудов, Э. Р. Об анализе точности элементов ковариационной матрицы в GNSS измерениях на геодинимическом полигоне "Таваксай" / Э. Р. Мирмахмудов // Universum: технические науки. – 2022. – № 7-1(100). – С. 10-16. – DOI 10.32743/UniTech.2022.100.7.14096. – EDN CXBWWD.

13. Использование синтезированного варианта алгоритма параметрической версии МНК-оптимизации результатов ГНСС-измерений для их сравнительного анализа / Н. С. Косарев, В. А. Падве, С. А. Сергеев, В. И. Дударев // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 30-45. – EDN YAATHF.

© В. А. Петручок, 2025

И. Е. Дорогова¹✉, К. А. Демидов¹

Реализация первого приближения программно-математической модели движений земной коры для пересчета координат пунктов между эпохами

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрено первое приближение программно-математической модели движений земной коры для территории Российской Федерации. Модель призвана обеспечить поддержание актуальности государственной системы отсчета, установление и поддержание взаимосвязи национальных систем отсчета с международными системами для территории Российской Федерации. Разработка программно-математической модели скоростей движений земной коры для территории Российской Федерации является многоступенчатым процессом и реализуется путем последовательных приближений. Реализация последующих приближений предполагает наличие многолетних проверенных данных, которые позволят уточнить модель и разработать локальные подмодели. Разработанное на сегодняшний день первое приближение модели уже пригодно к использованию и позволяет уточнять координаты пунктов на территории государства. В приведенном в статье программном обеспечении также предусмотрена функция геокалькулятора, позволяющего выполнять преобразования координат между системами и эпохами наблюдений.

Ключевые слова: геодинамика, деформации земной коры, движения земной поверхности, программное обеспечение, сглаженное поле скоростей

I. E. Dorogova¹✉, K. A. Demidov¹

Implementation of the first approximation of the programmatic and mathematical model of the Earth's crust movements for recalculating the coordinates of points between epochs

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Abstract. The article considers the first approximation of a software and mathematical model of the movements of the Earth's crust for the territory of the Russian Federation. The model is designed to ensure the maintenance of the relevance of the state reference system, the establishment and maintenance of the relationship of national reference systems with international systems for the territory of the Russian Federation. The development of a software and mathematical model of the speeds of movements of the Earth's crust for the territory of the Russian Federation is a multi-stage process and is implemented through successive approximations. The implementation of subsequent approximations assumes the availability of long-term verified data that will allow us to refine the model and develop local submodels. The first approximation of the model developed to date is already usable and allows you to specify the coordinates of points on the territory of the state. The software described in the article also provides a geocalculator function that allows coordinate transformations between systems and epochs of observations.

Keywords: geodynamics, deformation of the Earth's crust, movements of the Earth's surface, software, smoothed velocity field

Введение

В статьях [1-5] аргументируется важность реализации программно-математической модели скоростей движений земной коры для координатно-временного обеспечения государства. Авторами разработано первое приближение такой модели. Согласно [6] это приближение должно опираться на одну из моделей движений литосферных плит. В качестве опорной модели была выбрана NNR-MORVEL56, обоснование преимуществ данной модели приводится в [7]. Поскольку на границах плит происходит резкий переход от параметров движения одной литосферной плиты к параметрам другой плиты, в работе [8] описан способ автоматизации сглаживания скачков скоростей движений земной коры. Также для удобства представления программно-математической модели авторами разработано программное обеспечение для построения регулярной сетки скоростей движений земной коры с заданным шагом, которое описано в статье [9].

В данной статье рассмотрена программная реализация первого приближения модели, проанализированы некоторые результаты вычисления скоростей по модели, перспективы ее усовершенствования, а также описан интерфейс представления программно-математической модели для пользователей и возможности ее практического применения для преобразования координат между эпохами наблюдений.

Реализация первого приближения программно-математической модели движения земной коры

Процесс программной реализации модели движения земной коры с помощью готовых и дополнительно разработанных модулей и функций языка Python представлен в работах [6-9]. В первом приближении используется модель параметров движения литосферных плит NNR-MORVEL56, границы плит из модели PB2002 [10] и формулы, приведенные в работе [6]. С помощью упомянутых инструментов была получена программно-математическая реализация модели движения блоков земной коры, расширенный интерфейс которой приведен на рис. 1. Программа представлена в двух вариантах: имеет пользовательский интерфейс (окно для ввода исходных данных), а также расширенный (исследовательский) интерфейс, который предполагает возможность изменения ряда настроек, а также преобразование координат пунктов с использованием модели [6].

The image shows a graphical user interface for a software application. It contains several input fields and controls:

- Three input fields for coordinates: "Введите координату X", "Введите координату Y", and "Введите координату Z". To the right of each field is a label and a value: "wX 0", "wY 0", and "wZ 0".
- Two dropdown menus: "Выберите границы" (set to "PB2002") and "Выберите модель" (set to "ITRF2014").
- A checkbox labeled "Пересчёт на эпоху" (unchecked).
- Two more input fields: "Начальная эпоха" and "Эпоха наблюдения".
- A button labeled "Вычислить!" (Calculate!).

Рис. 1. Интерфейс программно-математической модели движений земной коры

Для проверки работы программы были выбраны два пункта фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), для которых программа не будет выполнять сглаживания, а также 3 пункта ФАГС, для которых будет выполняться сглаживание скоростей. Были выбраны следующие пункты: NOYA (Ноябрьск), EKTG (Екатеринбург), IRKO (Иркутск), VLDV (Владивосток), а также BARE (Баренцбург).

Для проверки работы программного обеспечения был использован калькулятор UNAVCO [11]. Выполнялось сравнение результатов, вычисленных с помощью программно-математической модели (ПММ) и через онлайн калькулятор UNAVCO. Результаты вычислений, а также их разности представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Значения скоростей в пространственной топоцентрической системе координат

Имя пункта	RGS-Centre [12]		UNAVCO [11]		ПММ	
	V_E , м/год	V_N , м/год	V_E , м/год	V_N , м/год	V_E , м/год	V_N , м/год
NOYA	0,0252	0,0026	0,0253	0,0016	0,0253	0,0017
EKTG	0,0248	0,0067	0,0258	0,0058	0,0258	0,0058
IRKO	0,0254	-0,0068	0,0225	-0,0083	0,0266	-0,0088
VLDV	0,0303	-0,0172	0,0241	-0,0129	0,0144	-0,0131
BARE	0,0161	0,0171	0,0112	0,0153	0,0057	0,0186

Таблица 2

Разность скоростей в пространственной топоцентрической системе координат

Имя пункта	RGS-Centre – ПММ		UNAVCO – ПММ		RGS-Centre – UNAVCO	
	V_E , м/год	V_N , м/год	V_E , м/год	V_N , м/год	V_E , м/год	V_N , м/год
NOYA	-0,0001	0,0009	0,0000	-0,0001	-0,0001	-0,0010
EKTG	-0,0010	0,0009	0,0000	0,0000	-0,0010	-0,0009
IRKO	-0,0012	0,0020	-0,0041	0,0005	0,0029	0,0015
VLDV	0,0159	-0,0041	0,0097	0,0002	0,0062	-0,0043
BARE	0,0104	-0,0015	0,0055	-0,0033	0,0049	0,0018

Рассмотрев полученные разности, можно сказать, что программа работает корректно и на первых двух пунктах (не подвергавшихся сглаживанию скоростей движения и не относящихся к буферным зонам) результаты получения скоростей смещения пунктов совпадают. На следующих трех пунктах, находящихся в непосредственной близости к границам литосферных плит, можно заметить разности до 1,5 см в скоростях, определенных разными методами. Значительные разности между величинами скоростей смещений этих пунктов, определенных RGS-Centre и UNAVCO говорят о том, что на данных территориях модели движения плит хуже согласуются с результатами натурных наблюдений (возможно из-за локальных

особенностей движений земной коры). А значительные разности между скоростями, определенными в RGS-Centre и программно-математической модели говорят о том, что сглаживание скоростей на этих территориях также не отражает действительной картины распределения скоростей смещений, а лишь позволяет предварительно сгладить общее поле скоростей смещений, которое затем должно быть дополнено локальными моделями, опирающимися на реально наблюдаемые скорости смещений, полученные из многолетних наблюдений.

Возможности использования модели для преобразования координат

Разработанная модель движений земной коры используется при вычислении координат пунктов в системе ГСК-2011 на различные эпохи наблюдений, которое также реализовано в программно-математической модели.

Пример схемы преобразования на заданную эпоху наблюдений координат из системы ГСК-2011 в СК-42/СК-95 приведен на рис. 2. Системы СК-42/СК-95 используются как статистические, поэтому в этих системах координаты пунктов на эпоху наблюдений равны координатам соответствующих пунктов на эпоху 2011.0, в системе ГСК-2011 реализован пересчет координат пунктов на эпоху наблюдений с использованием программно-математической модели движений земной коры.



Рис. 2. Схема преобразования координат точки из государственных систем СК-42/СК-95 в государственную геодезическую систему координат ГСК-2011 на эпоху XXXX.XX

В системах ITRF 2008/2014/2020 для перехода между эпохами наблюдений используются модели движения земной коры, соответствующие выбранной системе. Например, на рис.3 представлена схема преобразования координат на произвольную эпоху наблюдений между системами ГСК-2011 и ITRF2020. ITRF2008 является промежуточной системой для реализации перехода, использованы параметры связи этой системы с ITRF2020 на эпоху 2015.00, а также соответствующие этим системам модели движения земной коры ITRF2020 и ITRF2008. Промежуточные преобразования необходимы чтобы осуществить переход согласно [13], в котором приведены параметры связи между системами ITRF2008 и ГСК-2011 на эпоху 2011.00.

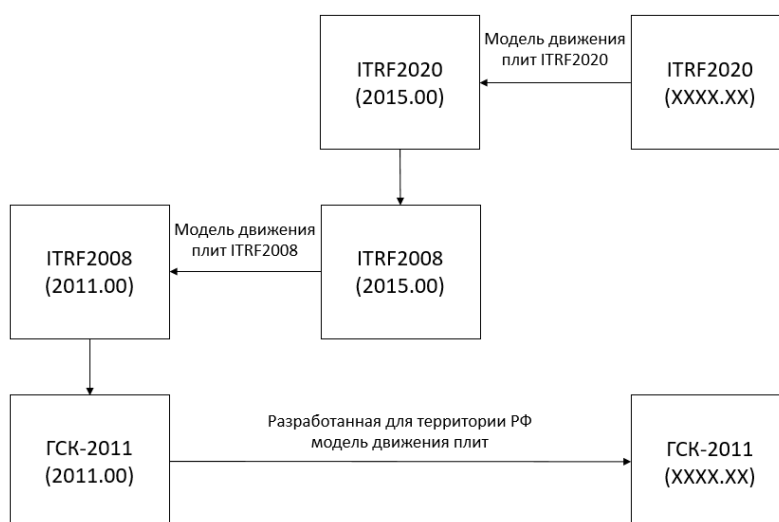


Рис. 3. Схема преобразования координат точки из международной системы ITRF2020 в государственную геодезическую систему координат ГСК-2011 на эпоху XXXX.XX

Перспективы усовершенствования программно-математической модели

На данный момент реализовано первое приближение программно-математической модели. Разработка последующих приближений [7] предполагает наличие многолетних проверенных данных, которые позволят уточнить модель и разработать локальные подмодели, работа в этом направлении уже ведется.

В настоящее время разрабатывается первое уточнение модели по результатам многолетних наблюдений пунктов ФАГС, многие из которых в момент начала работы над программно-математической моделью только закладывались. За прошедшее время на этих пунктах накопился архив наблюдений, который может быть использован для уточнения модели.

Также проводится исследование возможностей применения результатов измерений дифференциальных геодезических станций для разработки локальных решений для сейсмоактивных регионов. Запланирована разработка алгоритмов учета комейсмических и постсейсмических смещений территорий.

Параллельно ведется работа в направлении автоматизации получения данных и отдельных вычислительных процессов модели для обеспечения перспективы перехода к «умной» реализации модели, способной частично самостоятельно определять и обновлять параметры по полученным данным.

Заключение

Таким образом разработка программно-математической модели скоростей движений земной коры для территории Российской Федерации является сложным многоступенчатым процессом. На пути к конечному результату предполагается разработка ряда приближений, содержащих новые данные и подмодели. Этот процесс необходим для поддержания актуальности государственной системы отсчета и обеспечения ее взаимосвязи с мировыми системами отсчета. Разработанное на сегодняшний день первое приближение уже пригодно к ис-

пользованию и позволяет уточнять координаты пунктов на территории государства. После разработки более подробных региональных и локальных решений для сейсмоактивных регионов должна увеличиться точность определения скоростей движения земной коры для этих регионов, а разработка локальных решений для постсейсмических и косейсмических деформаций и привлечение данных дифференциальных геодезических станций позволит сделать программно-математическую модель динамической.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках СЧ НИР «ГЕОТЕХ-КВАНТ-3» с целью повышения точности координатно-временных определений на территории Российской Федерации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Карпик А. П., Дорогова И. Е. Анализ мирового опыта ввода полудинамических систем координат и территориальных реализаций систем координат // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 4. – С. 16–30. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-4-16-30
- 2 Geoscience Australia. Australian Geospatial Reference System/ – URL: <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/australian-geospatial-reference-system> (дата обращения: 17.09.2023).
- 3 Geocentric Datum of Australia 2020. Technical Manual 1. Version 1.2 Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping. – 77 p.
- 4 The National Adjustment of 2011 Project. Alignment of Passive GNSS Control with the Three Frames of the North American Datum of 1983 at Epoch 2010.00: NAD83 (2011), NAD83 (PA11), and NAD83 (MA11) [Electronic resource]. – URL: <https://www.ngs.noaa.gov/web/surveys/NA2011> (дата обращения: 17.09.2023).
- 5 Blick G., Donnelly N., Jordan A. The Practical Implications and Limitations of the Introduction of a Semi-Dynamic Datum – A New Zealand Case Study // Geodetic Reference Frames. International Association of Geodesy Symposia, Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. – Vol 134. – DOI 10.1007/978-3-642-00860-3_18.
- 6 Дорогова И.Е., Разработка программно-математической модели движений земной коры для территории Российской Федерации // Геодезия и картография. – 2024. – No 7. – С. 2-11. DOI: 10.22389/0016-7126-2024-1009-7-2-1.
- 7 Дорогова И. Е. Принципиальная схема программно-математической модели движений земной коры для территории Российской Федерации / И.Е. Дорогова // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения: сборник материалов VII Национальной научно-практической конференции с международным участием, 21–24 ноября 2023 г., Новосибирск. В 3 ч. Ч. 3. – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – № 3. – С. 179-185. – DOI 10.33764/2687-041X-2024-3-179-185.
- 8 Дорогова И. Е., Шаповалов А. В. Программное решение для построения сглаженного поля скоростей земной коры на территории Российской Федерации // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XX Международный научный конгресс, 15– 17 мая 2024 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – С. 165-171 – DOI 10.33764/2618-981X-2024-1-165-171.
- 9 Дорогова И. Е., Сутурин Г. В. Разработка программного обеспечения для билинейной интерполяции на основе цифровой модели движений земной коры // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XX Международный научный конгресс, 15– 17 мая 2024 г., Новосибирск : сборник материалов

в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – С. 158-164. – DOI 10.33764/2618-981X-2024-1-158-164.

10 World tectonic plates and boundaries // GitHub [сайт]. – 2025. – URL : <https://github.com/fraxen/tectonicplates> (дата обращения : 15.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.

11 UNAVCO Plate Motion Calculator // University NAVSTAR Consortium [сайт]. – 2023. – URL: <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html> (дата обращения : 14.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.

12 Центр точных эфемерид RGS Centre [сайт]. – URL: <https://rgs.cgkipd.ru/fags-coords> (дата обращения : 13.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.

13 ГОСТ 32453–2017 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – М: Стандартинформ, 2017. – 20 с.

© И. Е. Дорогова, К. А. Демидов, 2025

В. Ф. Канушин¹, Д. Н. Голдобин¹, Н. Н. Кобелева^{1✉}, И. А. Инжеватов¹

Сравнительный анализ методов определения вертикальных градиентов аномалий силы тяжести до третьего порядка

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: n.n.kobeleva@mail.ru

Аннотация. Несмотря на активное развитие методов интерпретации гравиметрических данных, проблема точного вычисления вертикальных градиентов аномалий силы тяжести (ВГАСТ) до настоящего времени остается нерешенной в полной мере. Отсутствует единый подход к выбору метода расчета градиентов в зависимости от конкретной геолого-геофизической задачи. Это обуславливает необходимость проведения комплексного сравнительного анализа существующих методов с целью выявления их применимости и эффективности. Такой анализ представляет собой важную задачу, как с теоретической, так и с прикладной точек зрения и способствует развитию более точных и надёжных инструментов гравirazведки, а также для решения задачи Молоденского, основанной на аналитическом продолжении с помощью обращенного ряда Тейлора. В статье проведен сравнительный анализ результатов ВГАСТ вплоть до третьего порядка, полученных методом численного дифференцирования аномалий силы тяжести со значениями вертикальных градиентов аномалий силы тяжести, вычисленных методом разложения в ряд по сферическим функциям, в котором использован набор гармонических коэффициентов глобальной модели геопотенциала EIGEN-6C4, до 2190 степени и порядка. Показано, что метод вычисления ВГАСТ, основанный на использовании формул численного дифференцирования аномалий силы тяжести, не уступает по точности аналитическому методу с помощью разложения в ряд по сферическим функциям.

Ключевые слова: численное дифференцирование, глобальная модель аномалии силы тяжести, вертикальный градиент аномалий силы тяжести, сферические функции, гармонические коэффициенты геопотенциала

V. F. Kanushin¹, D. N. Goldobin¹, N. N. Kobeleva^{1✉}, I. A. Inzhevatov¹

Comparative analysis of methods for determining vertical gradients of gravity anomalies up to third order

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: n.n.kobeleva@mail.ru

Abstract. Despite the active development of gravimetric data interpretation methods, the problem of accurate calculation of vertical gradients of gravity anomalies (VGAST) remains unsolved to date. There is no unified approach to the choice of gradient calculation method depending on the specific geological and geophysical problem. This necessitates a comprehensive comparative analysis of existing methods in order to determine their applicability and efficiency. Such an analysis is an important task from both theoretical and applied points of view and contributes to the development of more accurate and reliable tools for gravity exploration, as well as for the solution of the Molodensky problem based on the analytical continuation using the inverse Taylor series. In the article a comparative analysis of the results of VGAST up to the third order, obtained by the method of numerical differentiation of gravity anomalies with the values of vertical gradients of gravity anomalies, calculated by the method of expansion in a series of spherical functions, in which a set of harmonic coefficients of the global geopotential model EIGEN-6C4, up to 2190 degree and order, is used. It is shown that the method of calculation of VGAST, based on the use of formulas of numerical differentiation of gravity anomalies, does not lose in accuracy to the analytical method with the help of expansion in a series of spherical functions.

lated by the method of expansion in series by spherical functions, in which a set of harmonic coefficients of the global geopotential model EIGEN-6C4 is used, up to 2190 degree and order. It is shown that the method of calculating the VGAST, based on the use of formulas for numerical differentiation of gravity anomalies, is not inferior in accuracy to the analytical method using the spherical function series expansion.

Keywords: numerical differentiation, global gravity anomaly model, vertical gradient of gravity anomalies, spherical functions, harmonic coefficients of geopotential

Введение

Проблема определения вертикального градиента аномалий силы тяжести обладает высокой практической значимостью, как в гравиметрии, так и в геодезии. Использование ВГАСТ существенно расширяет интерпретационные возможности гравиметрической съёмки [1]. Кроме того, вертикальные градиенты аномалий силы тяжести входят в формулы для вычисления поправочных членов теории Молоденского [2, 3].

Современная практика определения вертикальных градиентов основывается на различных методах, включая численное дифференцирование, спектральные преобразования и аналитические выражения, полученные из решений прямой задачи гравиметрии. Однако каждый из этих методов имеет ограничения, связанные с точностью, устойчивостью к шумам и особенностями применяемых алгоритмов.

К настоящему времени разработаны различные методы вычисления ВГАСТ [3, 4–7], в которых учитывается реальная физическая поверхность Земли и оценивается влияние наклонов местности.

Цель данного исследования – провести сравнительный анализ вычисления вертикальных производных аномалий силы тяжести включительно до третьего порядка двумя разными методами:

1. Вычисление вертикальных градиентов аномалий силы тяжести ВГАСТ методом численного дифференцирования на плоскости;

2. Вычисление радиальных градиентов аномалий силы тяжести (РГАСТ) на сфере с помощью разложения в ряд по сферическим функциям с учетом гармонических коэффициентов геопотенциала EIGEN-6C4 до степени 2190.

Методы и материалы

При получении числовых значений ВГАСТ по заданному распределению аномалий силы тяжести Δg обычно используются различные схемы вычислений, вытекающие из формулы Нумерова [8], которая имеет следующий вид

$$\frac{\partial \Delta g}{\partial z} = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} da \int_0^{\infty} \frac{\Delta g - \Delta g_0}{r^2} dr, \quad (1)$$

где Δg_0 – аномалия силы тяжести в исследуемой точке; Δg – аномалия силы тяжести в текущей точке на плоскости; r , a ее полярные координаты; ось z направлена вертикально вниз.

Однако определение ВГАСТ на физической поверхности Земли по аномалиям силы тяжести (АСТ), заданным на ее поверхности, с помощью формулы (1) возможно только в равнинных районах.

На рисунке 1 показаны модель рельефа Earth 2014 и глобальная модель аномалий силы тяжести в свободном воздухе.

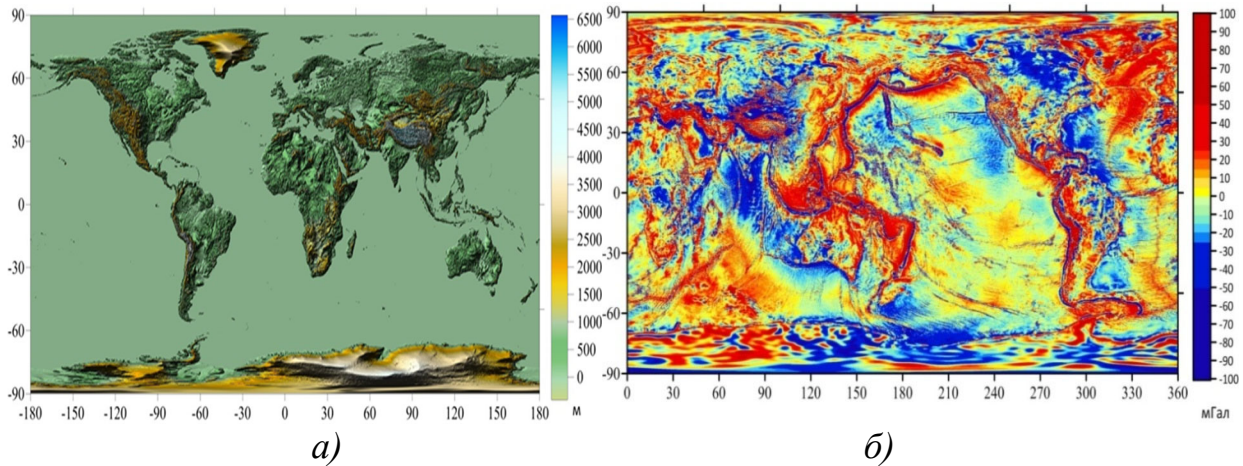


Рис. 1. Цифровые модели, используемы в исследовании: а) картосхема рельефа Earth 2014, б) картосхема аномалий силы тяжести в свободном воздухе

Для вычисления ВГАСТ методом численного дифференцирования (формула (2)) [9] используется конечноразностная схема двухточечного шаблона численного дифференцирования, суть которого заключается в том, что на отсчетной плоскости ОХУ в начале прямоугольных координат $P(0,0,0)$ задана аномалия силы тяжести $\Delta g(0,0,0)$, дифференцируемая достаточное число раз,

$$\frac{\partial \Delta g(0,0,0)}{\partial z} \approx \frac{\Delta g(0,0,\Delta z) - \Delta g(0,0,0)}{\Delta z}. \quad (2)$$

Формула (3) предназначена для определения первого радиального градиента АСТ (производной первого порядка) методом разложения в ряд по сферическим функциям с учетом гармонических коэффициентов геопотенциала EIGEN-6C4 до степени 2190.

$$\frac{\partial \Delta g(P)}{\partial r} = \frac{fM}{r^3} \left\{ \sum_{n=0}^N \left[(n+1)(n+2) \left(\frac{a_e}{r} \right)^n \cdot \sum_{m=0}^n (\Delta \bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{nm}(\sin \varphi) \right] \right\} \quad (3)$$

На рисунке 2 представлены картосхемы вертикальной производной АСТ первого порядка, полученные разными методами.

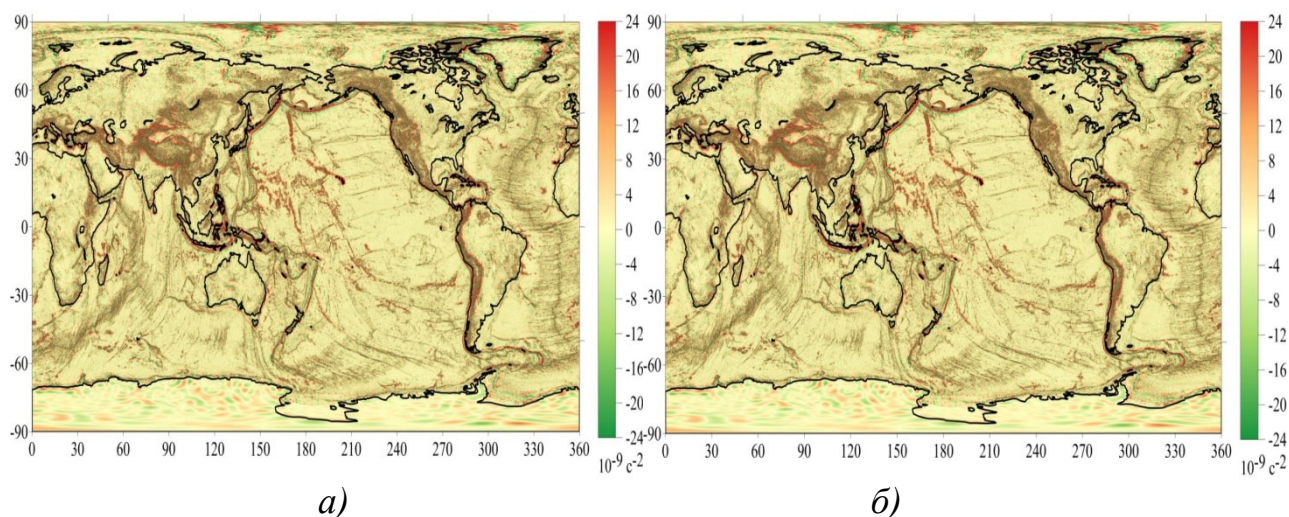


Рис. 2. Картограммы вертикальной производной АСТ первого порядка, полученные разными методами: а) ВГАСТ первого порядка (метод численного дифференцирования), б) РГАСТ первого порядка (метод разложения в ряд по сферическим функциям)

Картограмма распределения разности $\delta \left(\frac{\partial \Delta g(P)}{\partial r} \right)$ между методом численного дифференцирования по формуле (2) и методом разложения в ряд Фурье по формуле (3) изображена на рисунке 3.

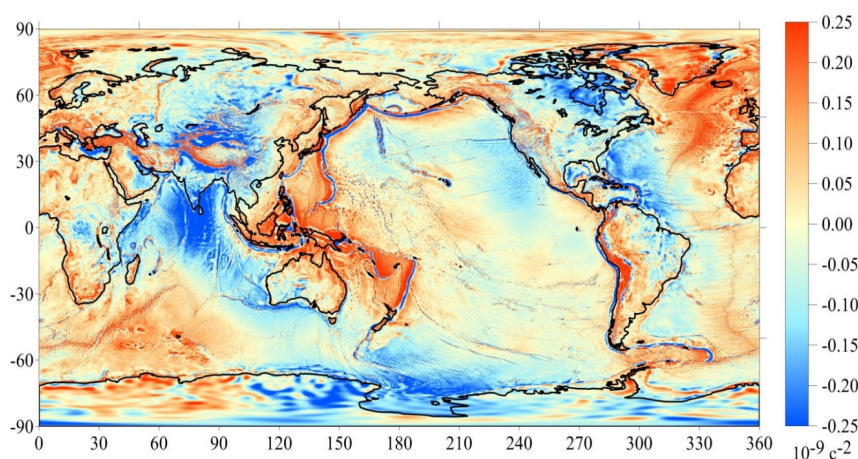


Рис. 3. Картограмма распределения разности Δg

Статистическая характеристика распределения значений $\delta \left(\frac{\partial \Delta g(P)}{\partial r} \right)$ на земной поверхности представлена в виде гистограммы, показанной на рисунке 4.

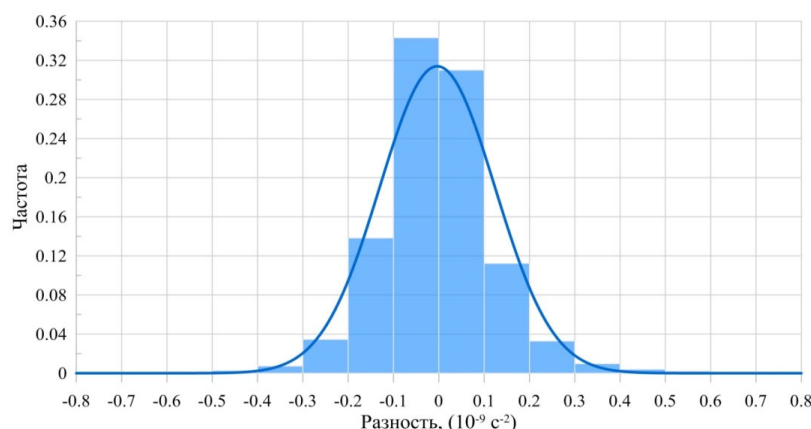


Рис. 4. Гистограмма распределения разности $\delta\left(\frac{\partial\Delta g(P)}{\partial r}\right)$

Приведенная на рисунке 4 гистограмма распределения Δg по характеру почти соответствует распределению Гаусса (т. е. нормальному распределению).

В таблице 1 представлены статистические характеристики распределения разности между методом численного дифференцирования и методом разложения в ряд Фурье

Таблица 1

Статистические характеристики распределения разности $\delta\left(\frac{\partial\Delta g(P)}{\partial r}\right)$

Характеристики	Значения
Number of values	9331200
Minimum ($1 \cdot 10^{-9} c^{-2}$)	-1,47212
Maximum ($1 \cdot 10^{-9} c^{-2}$)	2,27346
Range ($1 \cdot 10^{-9} c^{-2}$)	3,745576
Mean ($1 \cdot 10^{-9} c^{-2}$)	-0,003
Standard deviation ($1 \cdot 10^{-9} c^{-2}$)	0,129494

Результаты вычислений показывают, что максимальное абсолютное значение разности $\left|\delta\left(\frac{\partial\Delta g(P)}{\partial r}\right)\right|$ равно $2,27 \cdot 10^{-9} c^{-2}$, среднее арифметическое значение этой разности равно $0,003 \cdot 10^{-9} c^{-2}$, а стандартное отклонение составляет $\sigma = 0,1295 \cdot 10^{-9} c^{-2}$. Таким образом, вычисленные с помощью разложения в ряд по сферическим функциям значения РГАСТ, практически не отличаются от значений ВГАСТ, вычисленных по формуле численного дифференцирования

Для вычисления второй вертикальной производной аномалии силы тяжести, используется конечноразностная схема трехточечного шаблона, в котором аномалии силы тяжести Δg расположены вдоль вертикальной оси OZ симметрично относительно результирующей точки $P(0,0,0)$ с шагом по высоте h , в интервале $[(0,0,-h)<(0,0,0)<(0,0,+h)]$.

В соответствии с этим шаблоном вторая вертикальная производная аномалий силы тяжести вычисляется как первая производная от первой производной по выражению 4

$$\frac{\partial^2 \Delta g(0,0,0)}{\partial z^2} = \frac{\Delta g(0,0,-h) - 2\Delta g(0,0,0) + \Delta g(0,0,+h)}{h^2}. \quad (4)$$

Формула для определения второго радиального градиента АСТ (производной второго порядка по радиусу вектору) методом разложения в ряд по сферическим функциям с учетом гармонических коэффициентов геопотенциала EIGEN-6C4 до степени 2190 имеет следующий вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Delta g(P)}{\partial r^2} = & \frac{fM}{r^3} \left\{ \sum_{n=0}^N \left[(n+1)(n+2)(n+3) \left(\frac{a_e}{r} \right)^n \right. \right. \\ & \left. \left. \cdot \sum_{m=0}^n (\Delta \bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{mn}(\sin \varphi) \right] \right\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Картосхемы второй вертикальной производной АСТ разными методами представлены на рисунке 5.

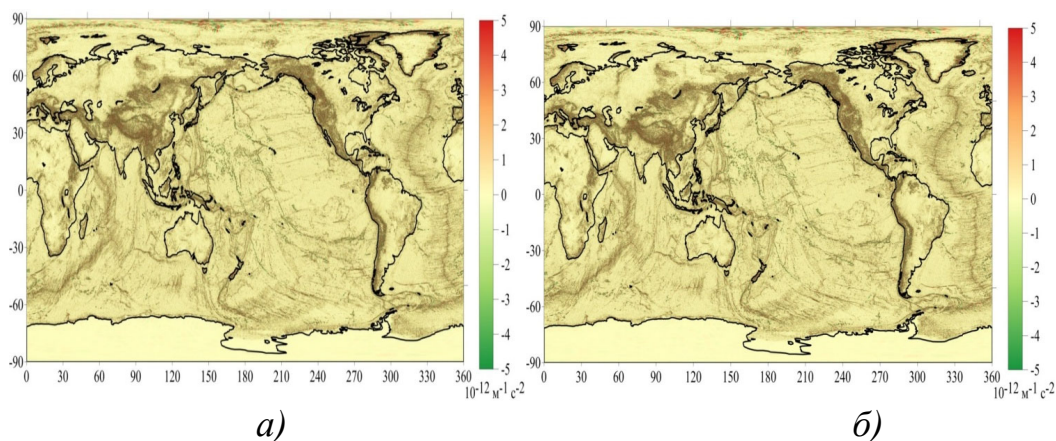


Рис.5. Картосхемы второй вертикальной производной АСТ разными методами: а) ВГАСТ второго порядка (метод численного дифференцирования), б) РГАСТ второго порядка (метод разложения в ряд по сферическим функциям)

Картосхема распределения разностей $\delta\left(\frac{\partial^2 \Delta g(P)}{\partial r^2}\right)$ между результатами,

полученными методом численного дифференцирования и методом разложения в ряд Фурье, представлена на рисунке 6.

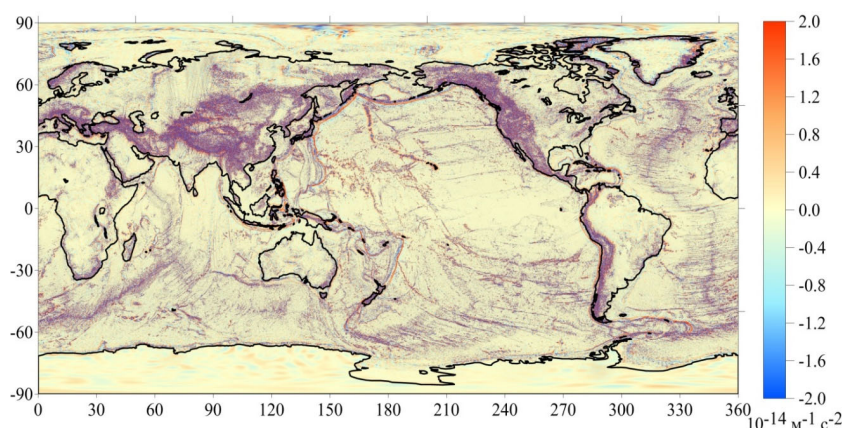


Рис. 6. Картосхема распределения разности $\delta\left(\frac{\partial^2 \Delta g(P)}{\partial r^2}\right)$ вторых производных между методом численного дифференцирования и методом разложения в ряд Фурье

Статистические характеристики распределения разности производных второго порядка $-\delta\left(\frac{\partial^2 \Delta g(P)}{\partial r^2}\right)$, полученных методом численного дифференцирования и методом разложения в ряд Фурье, представлены гистограммой распределения разности производных (рис. 7).

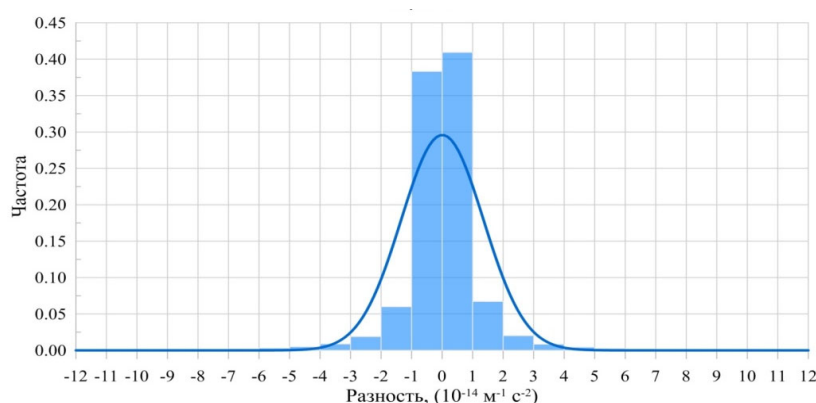


Рис. 7. Гистограмма распределения разности $\delta\left(\frac{\partial^2 \Delta g(P)}{\partial r^2}\right)$ производных второго порядка.

Статистические параметры распределения разности $\delta\left(\frac{\partial^2 \Delta g(P)}{\partial r^2}\right)$ про-

изводных второго порядка показаны в таблице 2.

Таблица 2

Статистические характеристики распределения разности Δg

Характеристики	Значения
Number of values	9331200
Minimum ($1 \cdot 10^{-14} \text{м}^{-2} \text{с}^{-2}$)	-59,9961
Maximum ($1 \cdot 10^{-14} \text{м}^{-2} \text{с}^{-2}$)	65,7178
Range ($1 \cdot 10^{-14} \text{м}^{-2} \text{с}^{-2}$)	125,7139
Mean ($1 \cdot 10^{-14} \text{м}^{-2} \text{с}^{-2}$)	0,005554
Standard deviation ($1 \cdot 10^{-14} \text{м}^{-2} \text{с}^{-2}$)	1,523214

Результаты таблицы 2 показывают, что среднее арифметическое значение $\delta\left(\frac{\partial^2 \Delta g(P)}{\partial r^2}\right)$ этой разности равно $0,005554 \cdot 10^{-14} \text{м}^{-1} \text{с}^{-2}$, а стандартное отклонение составляет $\sigma = 1,523214 \cdot 10^{-14} \text{м}^{-1} \text{с}^{-2}$. Таким образом, вычисленные с помощью разложения в ряд по сферическим функциям значения второй вертикальной радиальной производной аномалии силы тяжести, практически не отличаются от значений второй вертикальной производной аномалии силы тяжести, вычисленных по формуле численного дифференцирования.

Формула для вычисления третьей вертикальной производной аномалии силы тяжести (АСТ) методом численного дифференцирования основана на поэтапном подходе, при котором производная третьего порядка определяется как первая производная от ранее вычисленной второй производной. В расчётах применяется пятиточечная конечноразностная схема, выражение которой имеет следующий вид

$$\frac{\partial^3 \Delta g}{\partial z^3}(0,0,0) = \frac{\Delta g(0,0,+2h) - 2\Delta g(0,0,h) + 2\Delta g(0,0,-h) - \Delta g(0,0,-2h)}{2h^3}. \quad (6)$$

Аналитическое выражение для определения третьего радиального градиента АСТ (т.е. третьей производной по радиус-вектору) на основе разложения в ряд по сферическим функциям с учётом гармонических коэффициентов геопотенциала модели EIGEN-6C4 до степени 2190 имеет следующий вид:

$$\frac{\partial^3 \Delta g}{\partial r^3} = \frac{fM}{r^4} \left\{ \sum_{n=0}^N \left[(n+1)(n+2)(n+3) \left(\frac{a_e}{r} \right)^{n+4} \sum_{m=0}^n (\Delta \bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \bar{P}_{nm}(\sin \varphi) \right] \right\}. \quad (7)$$

Картосхемы вертикальных производных АСТ третьего порядка показаны на рисунке 8.

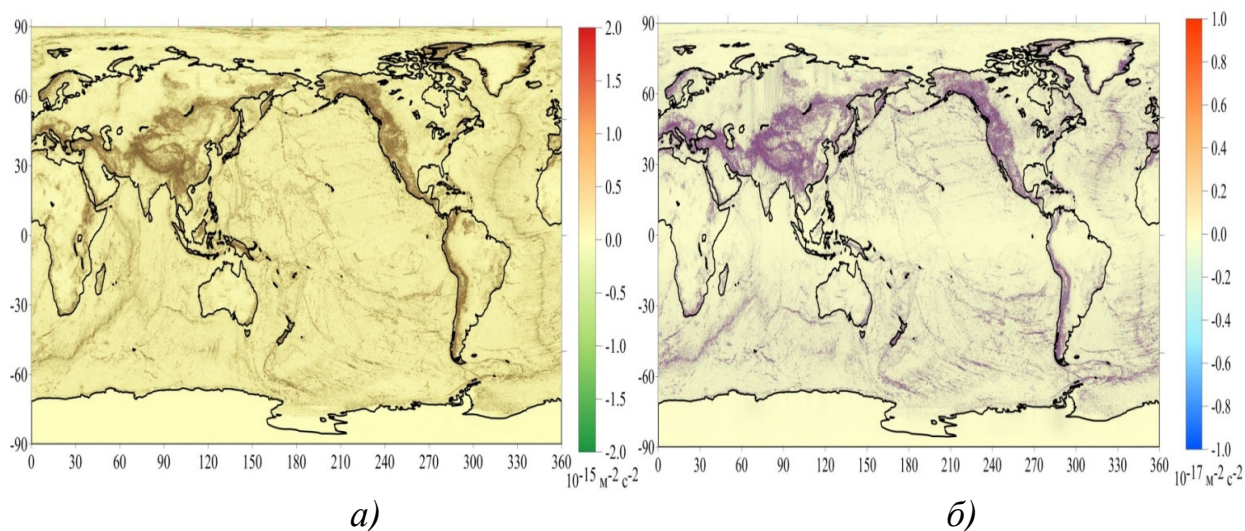


Рис.8. Картосхемы вертикальных производных АСТ третьего порядка. а) ВГАСТ третьего порядка (метод численного дифференцирования), б) РГАСТ третьего порядка (метод разложения в ряд по сферическим функциям)

Картосхема распределения разности разности $\delta \left(\frac{\partial^3 \Delta g(P)}{\partial r^3} \right)$ производных третьего порядка представлена на рисунке 9.

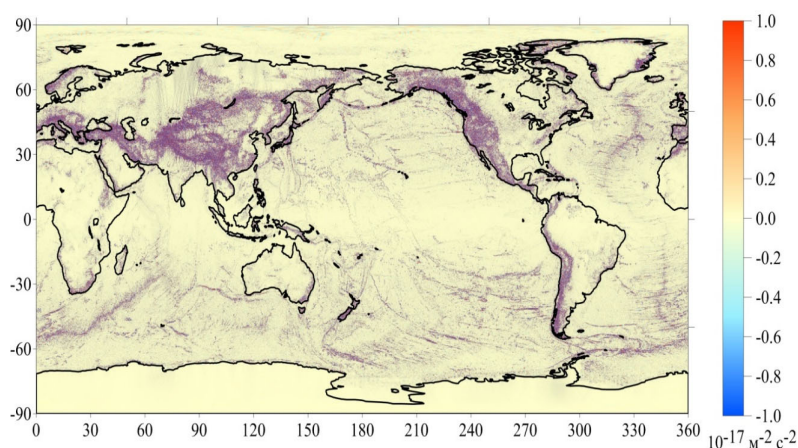


Рис. 9. Картосхема распределения разности Δg производных третьего порядка между методом численного дифференцирования и методом разложения в ряд Фурье

Статистическая характеристика распределения значений $\delta\left(\frac{\partial^3 \Delta g(P)}{\partial r^3}\right)$ на земной поверхности представлена в виде гистограммы, показанной на рисунке 10.

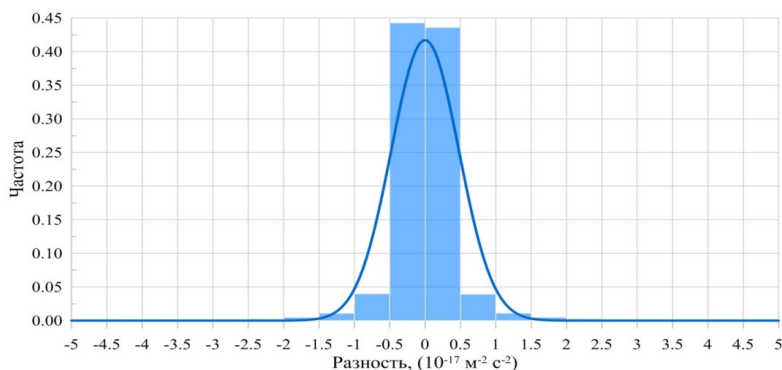


Рис. 7. Гистограмма распределения разности $\delta\left(\frac{\partial^3 \Delta g(P)}{\partial r^3}\right)$ третьих производных

Численные характеристики распределения разности $\delta\left(\frac{\partial^3 \Delta g(P)}{\partial r^3}\right)$ производных третьего порядка между методом численного дифференцирования и методом разложения в ряд Фурье приведены в таблице 3.

Таблица 3

Статистические характеристики распределения разности ΔG

Характеристики	Значения
Number of values	9331200
Minimum ($1 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-2}$)	-24,8657
Maximum ($1 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-2}$)	22,48084
Range ($1 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-2}$)	47,34655
Mean ($1 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-2}$)	-0,00092
Standard deviation ($1 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-2}$)	0,536097

Среднее арифметическое значение этой разности равно $-0,00092 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-2}$, стандартное отклонение составляет $\sigma = 1,536097 \cdot 10^{-17} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-2}$. Таким образом, результаты определения вертикальной производной АСТ третьего порядка двумя методами, практически совпадают между собой.

Заключение

В результате сравнительного анализа двух различных методов вычисления вертикальных производных аномалий силы тяжести включительно до третьего порядка установлено их практическое совпадение. Однако, по затратам машинного времени процесс пересчета аномалий силы тяжести на более высокий уровень методом численного дифференцирования требует значительного объема вычислений.

Вычисление второй вертикальной производной аномалии силы тяжести методом численного дифференцирования, в котором используется конечноразностная схема трехточечного шаблона в 10 раз превосходит затраты времени по сравнению с методом, использующим разложение в ряд Фурье по системе сферических функций до 2190 степени и порядка.

Затраты машинного времени для вычисления производной третьего порядка методом численного дифференцирования составили около 60 часов. Вычисление третьей радиальной производной аномалий силы с учетом сферических гармоник глобальной модели геопотенциала EIGEN-6C4 до 2190 степени составили 10 часов. Поэтому для решения задачи М.С. Молоденского методом аналитического продолжения с экономической точки зрения предпочтительно вычисление второй и третьей вертикальной производной аномалий силы тяжести выполнять методом разложения в ряд по сферическим функциям.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках СЧ НИР «ГЕОТЕХ-КВАНТ - 3» с целью создания высокоточных моделей геопотенциального поля Земли и его характеристик на территории РФ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маловичко А.К., Костицин В.И., Тарунина О.Л. Детальная гравиразведка на нефть и газ. М., Недра, 1979. 190 с.
2. Пеллинен Л. П. Применение формул первого приближения для вычисления характеристик гравитационного поля Земли. «Тр. ЦНИИГАиК, 1965, вып.157, с.85-101.
3. Бернхард Гофман – Велленгоф, Гельмут Мориц «Физическая геодезия». – М.: МИИГАиК, 2007г. – 410с..
4. Юркина М И Вычисление первой и второй вертикальных производных силы тяжести по картам ее аномалий. Труды ЦНИИГАиК, 1965, вып.157, с. 116-124.
5. Картвелишвили К.М. К вопросу пересчета аномалии силы тяжести в аномалию вертикального градиента силы тяжести. Изв. АН СССР, сер. геофиз., №8, 1964, стр.1171-1177.
6. Остач О.М. Об определении вертикального градиента аномалий силы тяжести на физической поверхности Земли Труды ЦНИИГАиК, 1965, вып.176, стр. 44-53.
7. Мориц Г. Современная физическая геодезия. М.: 1983- 392 с.
8. Нумеров Б. В. Зависимость между местными аномалиями силы тяжести и производными от потенциала. ДАН СССР, 1929, А, №24. С. 101-105.
9. В. Ф. Канушин, И. Г. Ганагина, Д. Н. Голдобин, И. А. Инжеватов, Определение вертикального градиента аномалий силы тяжести методом численного дифференцирования, Междунар. науч.-исслед. журн., 2024, выпуск 9, С. 1–15.

© В. Ф. Канушин, Д. Н. Голдобин, Н. Н. Кобелева, И. А. Инжеватов, 2025

В. Ф. Канушин¹, Д. Н. Голдобин¹, Н. Н. Кобелева¹✉

Тестирование глобальных моделей аномалий силы тяжести по результатам наземных гравиметрических измерений

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: n.n.kobeleva@mail.ru

Аннотация. Современные глобальные модели аномалий силы тяжести играют ключевую роль в решении широкого круга геофизических и геодезических задач — от моделирования гравитационного поля Земли до определения геоцентрических координат и изучения динамики литосферы. Однако точность и надёжность этих моделей существенно варьируются в зависимости от региона, плотности наземных измерений, рельефа местности и особенностей геологического строения. В связи с этим актуальной задачей является независимая верификация и тестирование глобальных гравиметрических моделей на основе точных наземных наблюдений. В статье обсуждается альтернативная процедура проверки, основанная на сравнении глобальных моделей аномалий силы тяжести полученных по моделям геопотенциала (GGM), опубликованных за последние пять лет на сайте Международного центра глобальных моделей Земли (ICGEM, <http://icgem.gfz-potsdam.de>), с независимыми наземными данными, представленными набором из 231 значений аномалий силы тяжести в свободном воздухе, полученных из гравиметрических измерений на территории Дании.

Ключевые слова: глобальные модели геопотенциала, проверка точности, аномалии силы тяжести, гравиметрические измерения, сравнительный анализ

V. F. Kanushin¹, D. N. Goldobin¹, N. N. Kobeleva¹✉

Testing global gravity anomaly models using ground-based gravimetric measurements

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: n.n.kobeleva@mail.ru

Abstract. Modern global gravity anomaly models play a key role in solving a wide range of geophysical and geodetic problems - from modeling the Earth's gravitational field to determining geocentric coordinates and studying the dynamics of the lithosphere. However, the accuracy and reliability of these models vary significantly depending on the region, the density of ground measurements, the terrain, and the geological features. In this regard, independent verification and testing of global gravity models based on accurate ground observations is an urgent task. The paper discusses an alternative verification procedure based on a comparison of global geopotential models (GGMs) published over the last five years on the website of the International Centre for Global Earth Models (ICGEM, <http://icgem.gfz-potsdam.de>) with independent ground-truth data, represented by a set of 231 free-air gravity anomalies obtained from gravimetric measurements over Denmark.

Keywords: global geopotential models, accuracy testing, gravity anomalies, gravimetric measurements, comparative analysis

Введение

Глобальное картирование гравитационного поля Земли (ГПЗ) на основе данных спутниковых миссий относится к важным задачам современной геодезии.

Путем инверсии спутниковых данных можно оценить параметры, описывающие внешнее гравитационное поле. Сферические гармонические коэффициенты по-прежнему в настоящее время широко используются для глобальной параметризации геопотенциала в скалярном описании гравитационного поля Земли. Инверсия спутниковых данных является сложным численным процессом, который включает в себя большое количество как наблюдаемых, так и неизвестных параметров. В статье приведены результаты тестирования пяти опубликованных за последние годы на сайте Международного центра глобальных моделей геопотенциала Земли (ICGEM) [1], путем сравнения аномалии силы тяжести, вычисленных в результате гармонического синтеза по модели геопотенциала, с аномалиями силы тяжести, полученными из гравиметрических измерений в 231 пунктах на территории Дании.

Методы и материалы

В таблице 1 приведены основные характеристики тестируемых моделей геопотенциала.

Таблица 1

Глобальные модели геопотенциала

Номер по ICGEM	Модель	Год публикации	Максимальная степень разложения	Исходные данные	Ссылка
176	XGM2019	2019	2190	A, G, S(GOCO06s), T	Zingerle, P. et al, 2019
178	Tongji GMMG20215	2022	300	S(GOCE), S(Grace)	Chen, J. et al, 2022
179	GOSG02S	2023	300	S (Goce)	Xu, Xinyu et al 2023
177	SGG-UGM-2	2020	2190	A, EGM2008, S(Goce), S(Grace)	Liang, W. et al, 2020
180	WHU-SWPU-GOGR2022S	2023	300	S(Goce), S(Grace)	Zhao, Yongqi et al 2023
148	EIGEN-6C4	2014	2190	A, G, S(Goce), S(Grace), S(Lageos)	Förste, Christoph et al, 2014

Примечание: данные таблицы 1 составлены по материалам ICGEM.

Здесь: S – данные спутниковых гравиметрических миссий; G – данные наземных гравиметрических измерений; A – данные альтиметрических измерений, T – топография.

Для оценки точности тестируемых моделей геопотенциала был выбран участок, расположенный в северной части Дании и обозначенный на рисунке 1 красным прямоугольником. В пределах данной территории на суше распределены значениями аномалий силы тяжести g , полученные по результатам измерений на

231 гравиметрическом пункте. Гравиметрические пункты расположены на высотах в интервале от 0,9 до 70 метров.

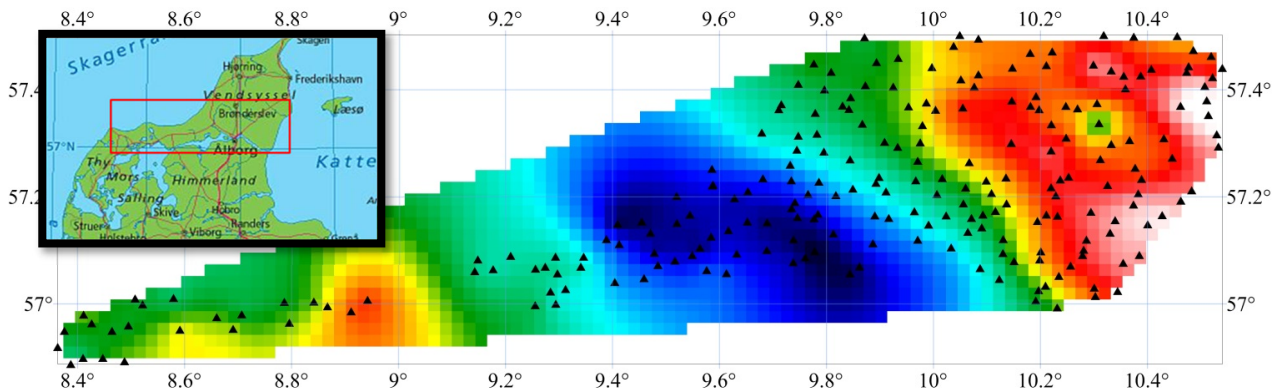


Рис. 1. Расположение гравиметрических пунктов на территории Дании и картосхема исходных аномалий силы тяжести $\Delta g_{исх.}$.

На каждом гравиметрическом пункте вычислены значения аномалий силы тяжести Δg_s по нормированным гармоническим коэффициентам геопотенциала $\bar{C}_{nm}$ и $\bar{S}_{nm}$ и тестируемых глобальных моделей XGM2019, Tongji GMMG20215, GOSG02S, SGG-UGM-2, WHU-SWPU-GOGR2022S по формуле [2]

$$\Delta g_s = \frac{fM}{r^2} \sum_{n=2}^{N_0} (n-1) \frac{a_e^n}{r^n} \sum_{m=0}^n (\Delta \bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \cdot \bar{P}_{nm}(\sin \varphi), \quad (1)$$

$$\Delta \bar{C}_{nm} = \bar{C}_{nm} - \bar{C}_{nm}^0$$

где φ , λ , r – геоцентрические широта, долгота и радиус вектор гравиметрического пункта; $\bar{P}_{nm}(\sin \varphi)$ – нормированная присоединенная функция Лежандра степени n и порядка m ; $\bar{C}_{nm}$ и $\bar{S}_{nm}$ – нормированные безразмерные гармонические коэффициенты геопотенциала; $\bar{C}_{nm}^0$ – нормированные безразмерные гармонические коэффициенты нормального геопотенциала; ω – угловая скорость вращения Земли; a_e – большая полуось эллипсоида.

На рисунке 2 показаны картосхемы моделей аномалий силы тяжести, Δg_s найденных по формуле (1). Вычисления выполнялись с помощью программы SINTEGRAV разработанной на кафедре КиФГ, СГУГиТ [3].

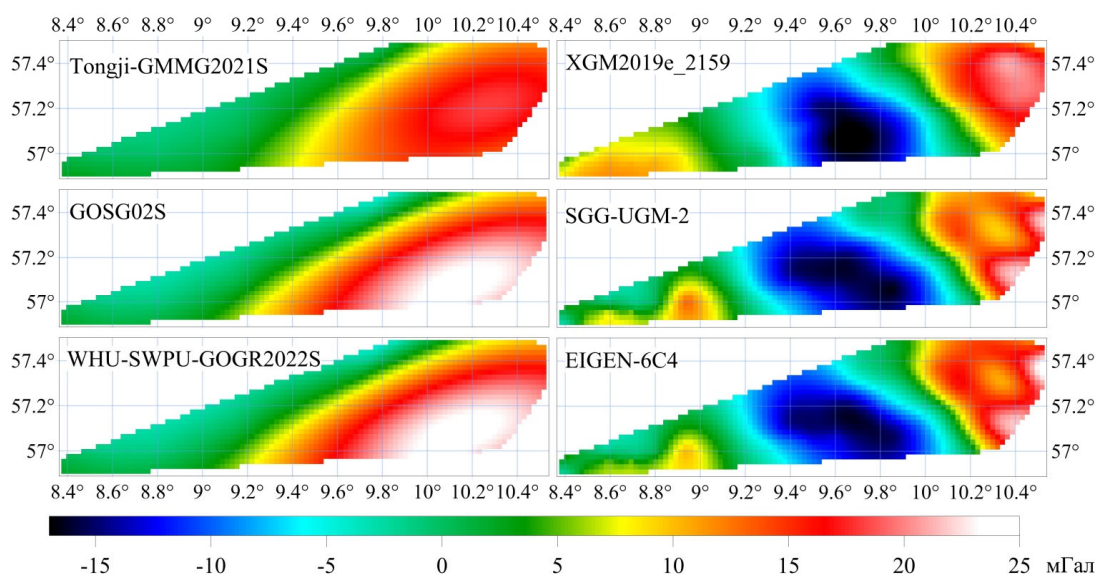


Рис.2. Картошхемы моделей аномалий силы тяжести, вычисленных по формуле (1)

На рисунке 3 приведены картошхемы разностей

$$\delta g = \Delta g_s - \Delta g_{ucx}. \quad (2)$$

между модельными аномалиями силы тяжести Δg_s вычисленными по формуле (1) и исходными аномалиями силы тяжести, расположенными на выбранной территории Дании в 231 гравиметрических пунктах.

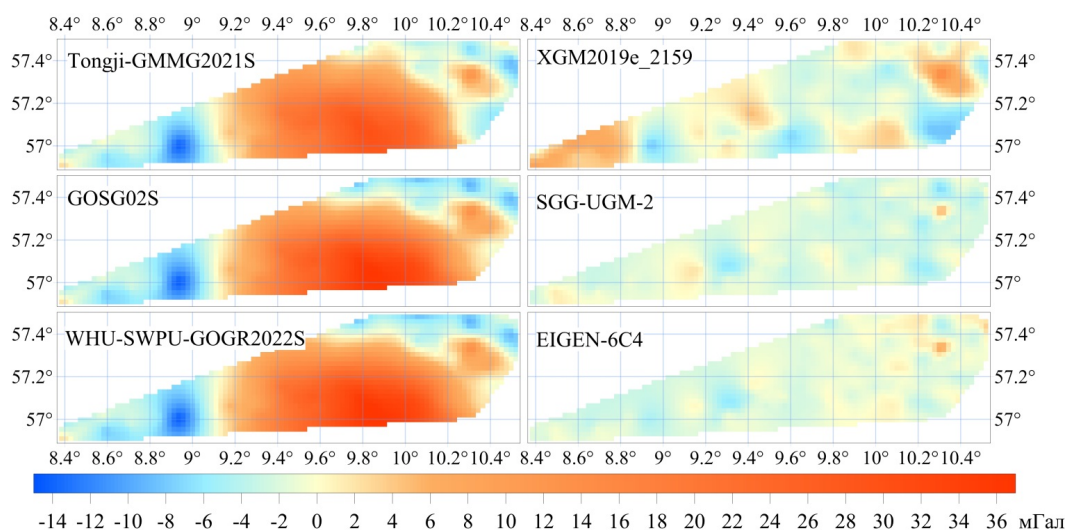


Рис.3. Картошхемы разностей δg

Из приведенных на рисунках 2 и 3 картошхем моделей аномалий и разностей δg видно, что модели аномалий силы тяжести, полученные с помощью формулы

(1), ограниченные степенью $N=300$, значительно отличаются от исходного поля аномалий силы тяжести, а модели аномалий силы тяжести, ограниченные степенью $N=2190$, практически совпадают с исходными.

На рисунке 4 показаны гистограммы распределения разностей δg .

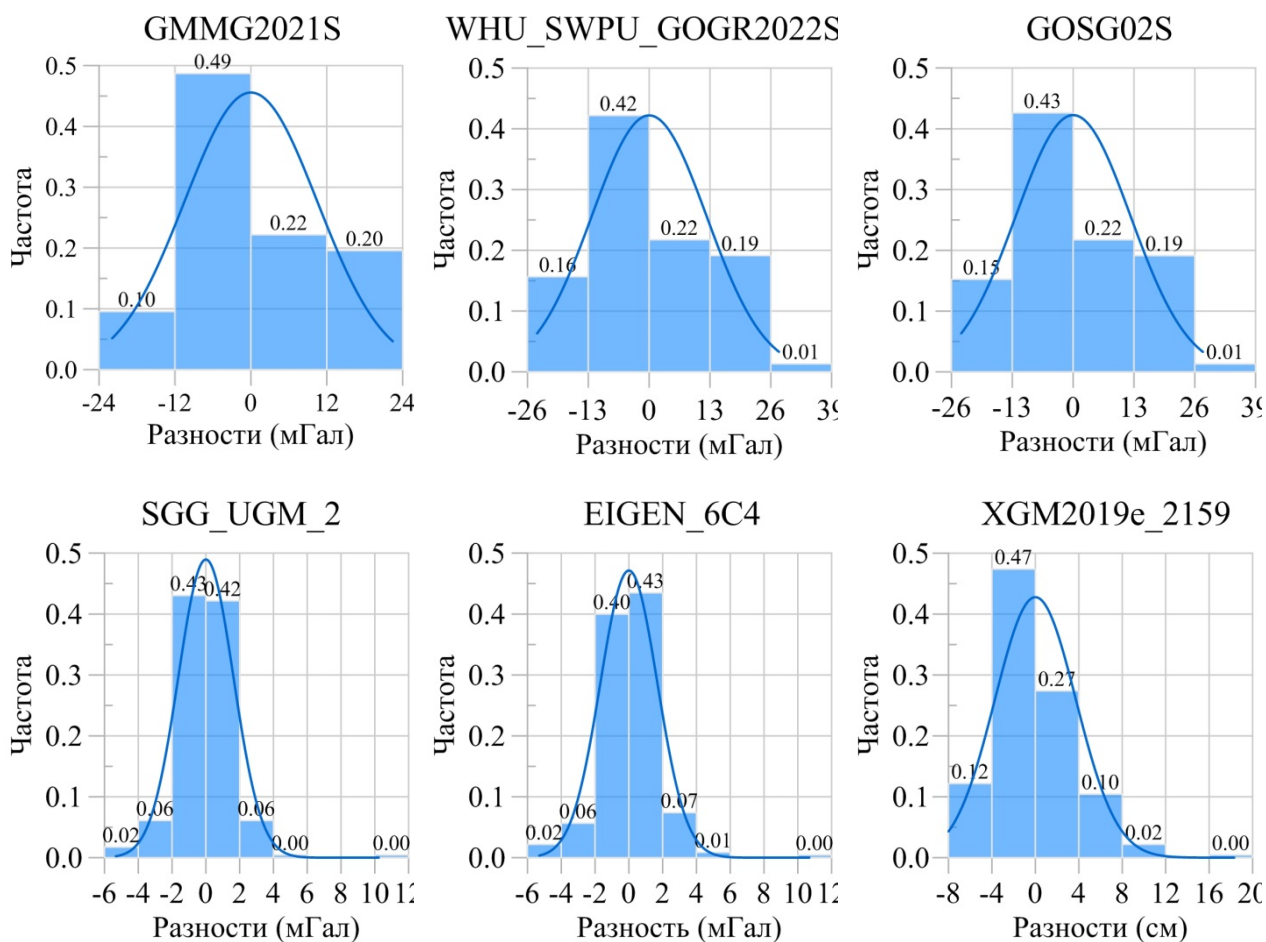


Рис. 4 Гистограммы распределения разностей δg

Как видно из гистограмм распределения δg , почти 70% разностей аномалий силы тяжести, полученных с помощью формулы (1), по моделям ГПЗ ограниченных степенью $N = 300$, не выходит за пределы ± 12 мГал, а для моделей ГПЗ ограниченные степенью $N = 2190$, находятся в пределах ± 2 мГал. Гистограммы, приведенные на рисунке 4, показывают в целом близкое к нормальному распределению по всем исследуемым моделям.

Сравнительный анализ современных моделей геопотенциала

По разностям δg , найденным по формуле (2), между значениями аномалий силы тяжести Δg_s , вычисленными по моделям XGM2019, Tongji GMMG20215, GOSG02S, SGG-UGM-2, WHU-SWPU-GOGR2022S, и значениями аномалии

силы тяжести Δg_{ucx} , полученным, из измерений на гравиметрических пунктах, вычислены средние разности E и их стандартные отклонения σ .

$$E = E|(\Delta g_s - \Delta g_{ucx})| \quad (3)$$

$$\sigma = \sigma|(\Delta g_s - \Delta g_{ucx})| \quad (4)$$

Статистические параметры распределения разностей δg между вычисленными по моделям XGM2019, Tongji GMMG2021S, GOSG02S, SGG-UGM-2, WHU-SWPU-GOGR2022S и полученными из наземных измерений значениями аномалий силы тяжести на территории Дании приведены в табл. 2.

Таблица 2

Статистические параметры распределения разностей δg между вычисленными с помощью формулы (2) по тестируемым моделям и определенным из наземных измерений значениями аномалий силы тяжести

Параметры	EIGEN-6C4	GOSG2S	Tongji - GMMG2021S	WHU-SW-GOGR2022	SGG-UGM-2	XGM2019
Год публикации	2014	2023	2022	2023	2020	2019
Максимальная степень разложения	2190	300	300	300	2190	2190
Количество точек	230	230	230	230	230	230
Минимум	-6,54	-14,56	-14,83	-14,84	-7,57	-8,61
Максимум	9,47	29,82	36,88	36,82	8,03	17,68
Диапазон	16,01	44,38	51,71	51,66	15,60	26,29
Среднее	-1,21	7,37	9,11	9,07	-2,20	-0,63
Стандартное отклонение	1,69	10,51	12,29	12,28	1,63	3,73
Асимметрия	0,833	0,399	0,345	0,346	0,698	0,773
Экссесс	7,442	-1,012	-1,014	-1,014	6,824	2,226

Анализ результатов проведенного исследования позволяет сделать следующие выводы:

– диапазоны распределения разностей δg составляют от 44,38 до 51,70 мГал для аномалий силы тяжести, полученных с помощью формулы (1), по моделям ГПЗ ограниченных степенью $N = 300$. Для аномалий силы тяжести, полученных с помощью формулы (1), по моделям ГПЗ ограниченных степенью $N=2190$, диапазоны распределения разностей составляют от 15,56 до 26,29 мГал.

– по совокупности значений статистических характеристик, наилучшей моделью для территории Дании в целом является модель SGG_UGM-2 со стандартным отклонением $\sigma = 1,63$ мГал. Модели Tongji GMMG20215, GOSG02S и WHU-SWPU-GOGR2022S показали наибольшее стандартное отклонение, σ равны 10,51, 12,28 и 12,29 мГал соответственно.

Заключение

По результатам сравнительного анализа статистических характеристик моделей геопотенциала XGM2019, Tongji GMMG20215, GOSG02S, SGG-UGM-2, WHU-SWPU-GOGR2022S с независимыми значениями силы тяжести, полученными в результате измерений силы тяжести на 231 гравиметрическом пунктах, расположенных на территории Дании, можно сделать вывод, что для определения характеристик гравитационного поля в прибрежных районах Дании, необходимых для навигации и наведения по гравитационному полю Земли, наилучшей является высокостепенная модель геопотенциала SGG_UGM-2, ограниченная степенью 2190.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках СЧ НИР «ГЕОТЕХ-КВАНТ - 3» с целью создания высокоточных моделей геопотенциального поля Земли и его характеристик

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Barthelmes, F.; Köhler (2006): ICGEM - The International Centre for Global Earth Models, General Assembly European Geosciences Union (EGU) (Vienna, Austria 2006)
2. Карпик А. П., Канушин В. Ф., Ганагина И. Г. и др. Исследование спектральных характеристик глобальных моделей гравитационного поля Земли, полученных по космическим миссиям CHAMP, GRACE и GOCE // Гироскопия и навигация. – 2014. – № 4 (87). – С. 34–44.
3. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ 2015661196 Российская Федерация. Геоаном ver 1.0 / Д.Н. Голдобин, В.Ф. Канушин, И.Г. Ганагина; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий». — № 2015617768; заявл. 28.08.2015; опублик. 20.11.2015. — 1 с.

© В. Ф. Канушин, Д. Н. Голдобин, Н. Н. Кобелева, 2025

И. Е. Дорогова¹✉, К. А. Демидов¹

Чат-бот для вычисления скоростей движения геодезических пунктов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Аннотация. В данной статье приводится реализация программного обеспечения для вычисления скоростей движения пунктов в виде чат-бота в социальной сети Telegram. Обоснован выбор формата, приведены основные преимущества представления программного обеспечения в таком виде: быстрая обработка данных, доступность и удобство использования. Представлены основные инструменты для создания чат-бота, математическая основа для вычисления скоростей движения геодезических пунктов, описана программная реализация. Выполнено сопоставление результатов вычислений с онлайн калькулятором GAGE Plate Motion Calculator UNAVCO и скоростями пунктов ФАГС для территории Евразийской литосферной плиты. Сделаны выводы о точности реализации программного обеспечения в виде чат-бота. Модуль для вычисления скоростей также можно будет использовать и как составную часть для других функций, в том числе при преобразовании координат из одной системы координат в другую с учетом эпох. Данная операция также включена в функционал чат-бота.

Ключевые слова: геодинамика, скорости движения пунктов, модели движений земной коры, геодезические пункты, чат-бот

I. E. Dorogova¹✉, K. A. Demidov¹

A chatbot for determining the movement speeds of geodetic points

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Abstract. This article provides an implementation of software for determining the movement speeds of points in the form of a chatbot on the Telegram social network. The choice of the format is justified, and the main advantages of presenting the software in this form are given: fast data processing, accessibility and ease of use. The main tools for creating a chatbot are presented, a mathematical basis for calculating the speeds of geodetic points, and a software implementation is described. The calculation results were compared with the GAGE Plate Motion Calculator UNAVCO online service and the official speeds of the FAGS points of the Eurasian plate. Conclusions are drawn about the accuracy of the software implementation in the form of a chatbot. The velocity calculation module can also be used as an integral part for other functions, including when converting coordinates from one coordinate system to another, taking into account epochs. This operation is also included in the chatbot functionality.

Keywords: geodynamics, speeds of movement of points, models of crustal movements, geodetic points, chatbot

Введение

Современные геодезические исследования требуют высокой точности, особенно при мониторинге деформаций земной поверхности. Для учета движения

земной поверхности создаются различные модели движения литосферных плит, основанные на результатах ГНСС-измерений. С помощью таких моделей можно вычислять скорости смещения отдельных геодезических пунктов и прогнозировать вектор их смещения.

Одним из перспективных направлений является разработка различного программного обеспечения, которое в автоматическом режиме способно производить вычисление скоростей движения пунктов. Оно может быть представлено в различных формах: от настольного приложения на ПК, до онлайн-сервиса в сети Интернет.

В данной статье рассматривается реализация программного обеспечения для определения скоростей движения геодезических пунктов в виде чат-бота, основные инструменты, необходимые для его работы, математическая основа, а также производится сравнение результатов вычисления с существующими реализациями.

Выбор инструментов для создания программного обеспечения

При выборе формы представления калькулятора было принято решение реализовать его в виде чат-бота Telegram. Боты представляют собой программы, вызываемые и работающие автоматически, которые общаются с пользователями и в ответ на команды выполняют различные задачи. У такого формата представления можно отметить следующие преимущества:

- автоматизация. Бот позволит автоматизировать выполнение преобразования координат, за счет асинхронности, большое количество пользователей имеют возможность пользоваться им одновременно;

- удобство и доступность. Бот реализован в социальной сети Telegram, которая является общедоступной и поддерживается на различных устройствах. Пользователь может преобразовывать координаты в браузере, на телефоне, или в приложении на ПК. При этом не обязательно устанавливать дополнительные приложения;

- обширные возможности для разработки. Технические средства, которые предоставляет Telegram, предлагают варианты для реализации различных приложений, а также чат-ботов разнообразного назначения.

Для реализации программного обеспечения применялся язык программирования Python (версия 3.12), а также различные библиотеки и готовые модули функций. Основной стала библиотека `aiogram` [1]. Данная библиотека предназначена для создания Telegram-ботов на языке программирования Python. Основными преимуществами данной библиотеки являются: асинхронность – бот может одновременно обрабатывать несколько запросов без задержек, а также работать с несколькими пользователями одновременно; машина состояний – позволяет боту различать сообщения из разных пунктов меню и реагировать на них соответствующим образом.

Также были использованы дополнительные библиотеки и модули, такие как: `math` [2], `numpy` [3], `geopandas` [4], `shapely` [5].

Чтобы программно идентифицировать, к какой тектонической плите относится тот или иной геодезический пункт, требуется информация о контурах этих плит. Для этого была применена модель Peter Bird 2002 (PB2002), разработанная профессором Питером Бердом [6]. Данный набор содержит информацию о 52 плитах: как о крупных, из модели NUVEL-1A, так и о малых, дополнительно включенных в модель для детального описания литосферной структуры Земли, рис. 1.

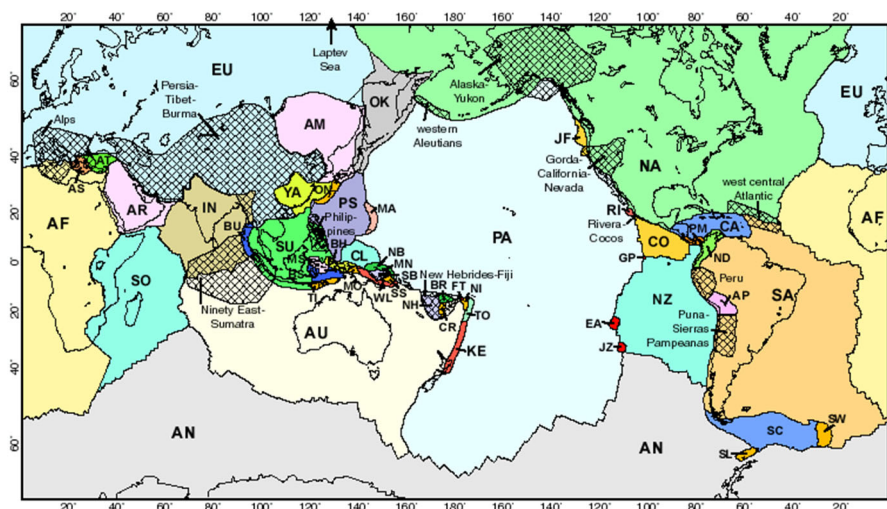


Рис. 1. Модель Peter Bird 2002 (PB2002)

В исходном виде границы представлены как текстовые файлы имеющие формат ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Используемые наборы данных предоставляют информацию о координатах границ литосферных плит, содержащие также названия, и лаконичные кодовые обозначения. Они были реструктурированы и представлены в виде базы геопространственных данных GeoJSON [7]. Такой вид представления информации дает возможность интегрировать модель в программное обеспечение.

Чат-бот предполагает возможность использования моделей движений земной коры NNR-NUVEL-1A, NNR-MORVEL56, ITRF2008 PMM, ITRF2014 PMM, а также ITRF2020 PMM. Для этого были изучены источники [8–13] и использованы данные об угловых скоростях движения литосферных плит.

Математическая основа программного обеспечения

Для создания программного обеспечения для вычисления скоростей движения геодезических пунктов необходима математическая основа [14]. Вычисление скоростей движения пункта V_x , V_y , V_z производится по формулам:

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{bmatrix} \cdot \mathbf{R}(t_0), \quad (1)$$

$$\mathbf{R}(t_0) = \begin{bmatrix} \frac{X}{\rho} \\ \frac{Y}{\rho} \\ \frac{Z}{\rho} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где X, Y, Z – координаты пункта (прямоугольные пространственные), м;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – составляющие угловой скорости плит, сек/год;

ρ – количество угловых секунд, содержащихся в радиане.

Для вычисления компонент скоростей V_E, V_N, V_U применялись формулы:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} -\sin L & -\sin B \cos L & \cos B \cos L \\ \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \sin L \\ 0 & \cos B & \sin B \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} V_E \\ V_N \\ V_U \end{bmatrix} = \mathbf{R}^T \cdot \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $\mathbf{R}$ – матрица для перехода между экваториальными и топоцентрическими координатами;

$\mathbf{R}^T$ – матрица поворота после транспонирования;

V_X, V_Y, V_Z – составляющие вектора, описывающего скорость движения пункта, м/год.

Программная реализация в виде чат-бота

С использованием инструментов, а также математической основы, описанной выше, было реализовано программное обеспечение для определения скоростей движения геодезических пунктов. Его алгоритмы вычисления основаны на программном обеспечении GeoCalc [15, 16]. Они были усовершенствованы, оптимизированы и представлены в виде чат-бота.

Для начала работы с чат-ботом пользователю необходимо ввести команду «/start». Бот отправит приветственное сообщение, что подтверждает его запуск. При вводе команды «/help», пользователю получит сообщение с доступными командами бота, рис. 2.

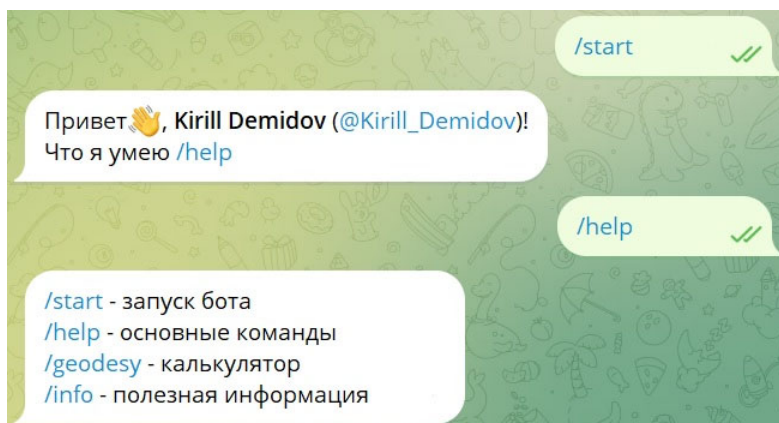


Рис. 2. Команды «/start» и «/help»

Для начала работы с функцией определения скоростей движения геодезических пунктов пользователю необходимо ввести команду «/geodesy». В ответном сообщении бот предложит варианты функциональных возможностей, из которых необходимо выбрать пункт «Вычисление скоростей движения пунктов», рис. 3.

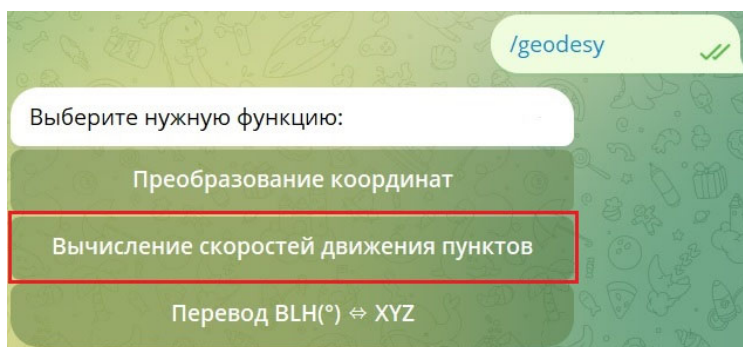


Рис. 3. Интерфейс для выбора вычислительных функций

Следующим шагом для пользователя является выбор типа координат. На выбор в чат-боте представлены геодезические (B , L , H) и пространственные прямоугольные (X , Y , Z) координаты, рис. 4.



Рис. 4. Интерфейс для выбора типа координат

Затем пользователю необходимо выбрать модель движения литосферных плит. На выбор представлены модели NNR-NUVEL-1A, NNR-MORVEL56, ITRF2008 PMM, ITRF2014 PMM, а также ITRF2020 PMM, рис. 5.



Рис. 5. Интерфейс для выбора модели движения литосферных плит

Заключительным этапом является ввод координат геодезического пункта. Для этого пользователю необходимо отправить сообщение с координатами через символ «;», разделителем для целой и дробной части является точка. В ответ чат-бот пришлет сообщение с информацией о выбранной ранее модели движения плит, скоростях движения плит V_X , V_Y , V_Z , V_E , V_N , а также коде и названии плиты, на которой находится пункт, рис. 6.

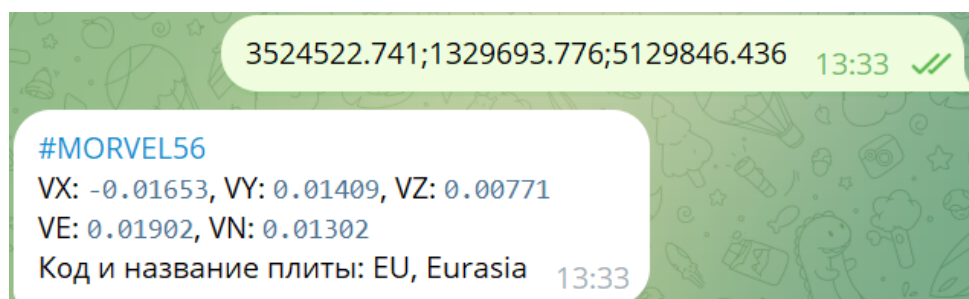


Рис. 6. Сообщение с результатами вычислений скоростей

Для проверки достоверности результатов было выполнено сравнение с существующими реализациями. Для этого был использован геодинамический калькулятор GAGE Plate Motion Calculator UNAVCO [17]. Проверка проводилась на основе данных пунктов ФАГС [18] (Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть), которые также содержат данные о скоростях годовых смещений V_X , V_Y , V_Z , V_E , V_N . Результаты сравнения показали, что разности между вычисленными скоростями и скоростями, размещенными на сайте Росреестра, для большинства пунктов Евразийской литосферной плиты находятся на уровне 0,01

мм/год. Данное расхождение говорит о том, что чат-бот является точным решением для определения скоростей движения геодезических пунктов.

Заключение

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод о том, что программное обеспечение виде чат-бота является надежным и точным решением для определения скоростей движения геодезических пунктов. Реализация в таком виде имеет ряд плюсов, таких как: быстрая обработка данных, доступность и удобство пользования.

Модуль для вычисления скоростей также можно будет использовать и как составную часть для других функций. Потребность в вычислении скоростей есть при преобразовании координат из одной системы координат в другую с учетом эпох. Данная функция также включена в функционал чат-бота. Таким образом, разработанный модуль стал одной из ключевых функций чат-бота как в виде самостоятельной функции, так и в виде встроенной в другие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Библиотека aiogram для Python // Aiogram documentation [сайт]. – 2025. – URL : <https://docs.aiogram.dev/en/v3.19.0/> (дата обращения : 14.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
2. Библиотека math для Python // Python documentation [сайт]. – 2025. – URL : <https://docs.python.org/3/library/math.html> (дата обращения : 14.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
3. Библиотека numpy для Python // NumPy official site [сайт]. – 2025. – URL : <https://numpy.org> (дата обращения : 14.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
4. Библиотека geopandas для Python // Geopandas documentation [сайт]. – 2025. – URL : <https://geopandas.org/en/stable> (дата обращения : 14.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
5. Библиотека shapely для Python // Shapely documentation [сайт]. – 2025. – URL : <https://shapely.readthedocs.io/en/stable/index.html> (дата обращения : 14.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
6. Bird, P. An updated digital model of plate boundaries / P. Bird. – Текст : непосредственный // An electronic journal of the Earth sciences. – 2003. – № 10. – 52 с. – ISSN 1525-2027.
7. World tectonic plates and boundaries // GitHub [сайт]. – 2025. – URL : <https://github.com/fraxen/tectonicplates> (дата обращения : 15.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
8. Shuanggen, J. A revision of the parameters of the NNR-NUVEL-1A plate velocity model / J. Shuanggen, Z. Wenyao. – Текст : непосредственный // Journal of Geodynamics. – 2004. – № 38. – С. 85–92. – ISSN 0264-3707.
9. Argus, D. Geologically current motion of 56 plates relative to the no-net-rotation reference frame / D. Argus, R. Gordon, C. DeMets. – Текст : непосредственный // American Geophysical Union. – 2011. – № 11. – 13 с. – ISSN 0094-8276.
10. MORVEL and NNR-MORVEL56 information // MORVEL and NNR-MORVEL56 plate velocity estimates and information [сайт]. – 2025. – URL : <http://www.geology.wisc.edu/~chuck/MORVEL/index.html> (дата обращения : 12.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.

11. Altamimi, Z. ITRF2008 plate motion model / Z. Altamimi, L. Metivier, X. Collilieux. – Текст : непосредственный // Journal of geophysical research. – 2012. – № 117. – 14 с. – ISSN 2156-2202.
12. ITRF2014 plate motion model / Z. Altamimi, L. Metivier, P. Rebischung [и др.]. – Текст : непосредственный // Geophysical Journal International. – 2016. – С. 1906–1912. – ISSN 0956-540X.
13. ITRF2020 plate motion model / Z. Altamimi, L. Metivier, P. Rebischung [и др.]. – Текст : непосредственный // Geophysical Journal International. – 2023. – С. 605–612. – ISSN 0094-8276.
14. Гиенко, Е. Г. Применение глобальных спутниковых навигационных систем в геодезии и навигации : учебное пособие / Е. Г. Гиенко, К. М. Антонович, Л. А. Липатников. – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. – С. 8–28. – ISBN 978-5-907052-77-2. – Текст : непосредственный.
15. Дорогова И. Е., Демидов К.А. Разработка геодинамического калькулятора для определения параметров движения земной коры // Интерэкспо Гео-Сибирь 2023. – Т. 1. – № 1. – С. 216-223. – DOI: 10.33764/2618-981X-2023-1-1-216-223
16. Дорогова И.Е., Демидов К.А. GEOCALC: Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023662485, 08.06.2023. Заявка № 2023661780 от 08.06.2023.
17. UNAVCO Plate Motion Calculator // University NAVSTAR Consortium [сайт]. – 2023. – URL: <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html> (дата обращения : 14.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.
18. Центр точных эфемерид RGS Centre [сайт]. – URL: <https://rgs.cgkipd.ru/fags-coords> (дата обращения : 13.05.2025). – Режим доступа : общ. доступ. – Текст : электронный.

© И. Е. Дорогова, К. А. Демидов, 2025

Ю. П. Кижеватова^{1✉}, И. Г. Ганагина¹

Определение сезонных изменений аномалий силы тяжести на территории Новосибирской области, обусловленных толщиной снежного покрова

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: yuliacochet@yandex.ru

Аннотация. В работе приведены результаты определения влияния снежного покрова на аномалии силы тяжести (АСТ) в Новосибирской области. В качестве исходных данных использовались характеристики снежного покрова, зарегистрированные в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) 2019–2021 гг. на 21 гидрометеорологической станции, собранные в библиотеке Западно-Сибирского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. АСТ в свободном воздухе рассчитано в программах «SINTEGRAV» и «RSolve», разработанных на кафедре физической геодезии СГУГиТ. Диапазон изменений аномалий силы тяжести, обусловленных влиянием снежного покрова, на территории Новосибирской области составляет от 0,002 мкГал до 1,065 мкГал. Влияние твердых осадков в виде снежного покрова на аномалии силы тяжести достигает величин, требующих обязательного учета при проведении высокоточных гравиметрических исследований.

Ключевые слова: влияние снежного покрова, изменение аномалий силы тяжести, сезонные явления, геодинамические факторы

Y. P. Kizhevatova^{1✉}, I. G. Ganagina¹

Determination of seasonal changes in gravity anomalies in the Novosibirsk region due to the thickness of the snow cover

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: yuliacochet@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of determining the effect of snow cover on gravity anomalies in the Novosibirsk region. The initial data used were snow cover characteristics recorded during the winter months (December, January, February) 2019-2021 at 21 hydrometeorological stations, collected in the library of the West Siberian Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring. AST in free air is calculated in the programs "SINTEGRAV" and "RSolve" developed at the Department of Physical Geodesy of SSUGiT. The range of changes in gravity anomalies due to the influence of snow cover in the Novosibirsk Region ranges from 0.002 micrograms to 1.065 micrograms. The effect of solid precipitation in the form of snow cover on gravity anomalies reaches values that require mandatory consideration when conducting high-precision gravimetric studies.

Keywords: influence of snow cover, changes in gravity anomalies, seasonal phenomena, geodynamic factors

Введение

Определение формы и параметров Земли с высокой точностью – сложная задача, требующая одновременного решения нескольких проблем. Необходимо учитывать динамические изменения характеристик гравитационного поля (ГПЗ),

строго привязывать все измерения к единой системе координат и времени, а также предсказывать, как повлияют на ГПЗ природные и техногенные геодинамические процессы [1].

Геодинамические факторы, приводящие к изменению и перемещению масс внутри и на поверхности Земли, определяют изменения характеристик ГПЗ.

Для точного анализа аномалий силы тяжести (АСТ) необходимо учитывать влияние как долговременных геодинамических процессов, так и сезонных явлений, таких как изменения массы снежного покрова, которые оказывают влияние на вариации гравитационного поля [2].

Целью данной работы является определение сезонных изменений аномалий силы тяжести, обусловленных толщиной снежного покрова на территории Новосибирской области.

Территория Новосибирской области была выбрана в качестве участка для исследования влияния твердых осадков в виде снежного покрова на изменение характеристик ГПЗ.

Методы и материалы

Данные о твердых осадках в виде снежного покрова на территорию Новосибирской области получены в библиотеке Западно-Сибирского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [3]. В качестве исходных данных для исследования использовалась информация о высоте снежного покрова с 21 гидрометеорологической станции на территории Новосибирской области в зимние периоды 2019–2021 гг.

На выбранный период исследования получены временные модели геопотенциала по данным космической гравиметрической миссии GRACE-FO, представленные на сайте Международного центра глобальных моделей Земли (ICGEM) [4].

Временные модели использованы для определения АСТ в свободном воздухе по программе «SINTEGRAV», созданной на кафедре космической и физической геодезии СГУГиТ, для вычисления гравитационного потенциала и его дериват, методом разложения в ряд по сферическим функциям [5]. Результаты, полученные по данной программе, представляют изменение аномалий силы тяжести, обусловленных влиянием всех природных и техногенных факторов. Для получения изменений АСТ, обусловленных влиянием только твердых осадков в виде снега, использована программа «RSolve», которая предназначена для вычисления гравитационного эффекта от объекта с заданной плотностью.

Результаты

В таблице 1 представлены изменения АСТ в свободном воздухе за зимний период 2019–2021 гг. (декабрь–январь 2019–2020 гг., январь–февраль 2020 г., декабрь–январь 2020–2021 гг., январь–февраль 2021 г.), вычисленные для 21 станции в программе «SINTEGRAV».

Таблица 1

**Изменения АСТ в свободном воздухе, вычисленные в программе
«SINTEGRAV» (GRACE-FO)**

Год / Станция	Аномалии силы тяжести, мкГал			
	2020		2021	
	Декабрь– Январь	Январь– Февраль	Декабрь– Январь	Январь– Февраль
Барабинск	1,022	1,729	1,523	0,285
Карасук	0,563	2,345	1,355	0,067
Каргат	0,760	2,275	1,205	0,083
Краснозерск	0,428	2,569	1,180	0,157
Колывань	2,344	2,635	0,983	0,361
Коченево	2,144	2,654	1,044	0,238
Мошково	2,666	2,711	0,879	0,494
Огурцово	2,531	2,751	0,983	0,359
Сузун	2,522	2,961	0,974	0,131
Татарск	2,880	1,123	2,052	0,779
Тогучин	2,805	2,735	0,754	0,582
Убинское	0,185	2,081	1,289	0,121
Чаны	2,338	1,315	1,875	0,616
Чулым	1,342	2,453	1,135	0,096
Баган	1,067	2,101	1,510	0,098
Искитим	2,656	2,797	0,962	0,388
Купино	1,506	1,886	1,641	0,246
Маслянино	2,799	2,766	0,857	0,511
Посевная	2,708	2,839	0,958	0,372
Чистоозерное	2,256	1,516	1,868	0,510
Здвинск	0,417	2,133	1,388	0,068

В таблице 2 представлены изменения АСТ в свободном воздухе за зимний период 2019–2021 гг., вычисленные для 21 станции на территории Новосибирской области по программе «RSolve».

Таблица 2

Изменения АСТ в свободном воздухе, вычисленные в программе «RSolve»

Год / Станция	Аномалии силы тяжести, мкГал			
	2020		2021	
	Декабрь– Январь	Январь– Февраль	Декабрь– Январь	Январь– Февраль
Барабинск	0,361	0,180	0,069	0,180
Карасук	0,163	0,002	0,018	0,043
Каргат	0,249	0,380	0,127	0,318
Краснозерск	0,318	0,365	0,069	0,284
Колывань	0,292	0,171	0,171	0,249
Коченево	0,259	0,018	0,163	0,276
Мошково	0,447	0,361	0,249	0,388

Огурцово	0,420	0,069	0,249	0,316
Сузун	1,065	0,069	0,225	0,369
Татарск	0,335	0,043	0,104	0,259
Тогучин	0,335	0,155	0,214	0,233
Убинское	0,137	0,137	0,190	0,129
Чаны	0,112	0,137	0,137	0,214
Чулым	0,251	0,069	0,137	0,249
Баган	0,137	0,067	0,214	0,067
Искитим	0,225	0,061	0,214	0,067
Купино	0,214	0,061	0,163	0,259
Маслянино	0,412	0,335	0,137	0,292
Посевная	0,447	0,482	0,292	0,276
Чистоозерное	0,206	0,018	0,061	0,345
Здвинск	0,249	0,080	0,069	0,155

Результаты вычисления АСТ в программе «SINTEGRAV» содержат изменения, обусловленные влиянием различных геодинамических факторов, в том числе и высоты снежного покрова. В ходе исследования выдвинуто предположение о сравнении значений, полученных в зимние месяцы, с изменениями аномалий силы тяжести по данным временных моделей за летний период исследуемых годов.

В программе «SINTEGRAV» рассчитаны значения АСТ для июля (период отсутствия снежного покрова) и февраля 2020 года (период максимальной высоты снежного покрова в зимний период 2019–2021 гг.). Разность сопоставлена с результатами «RSolve» (на февраль 2020 года) и представлена на графике (рис. 1).

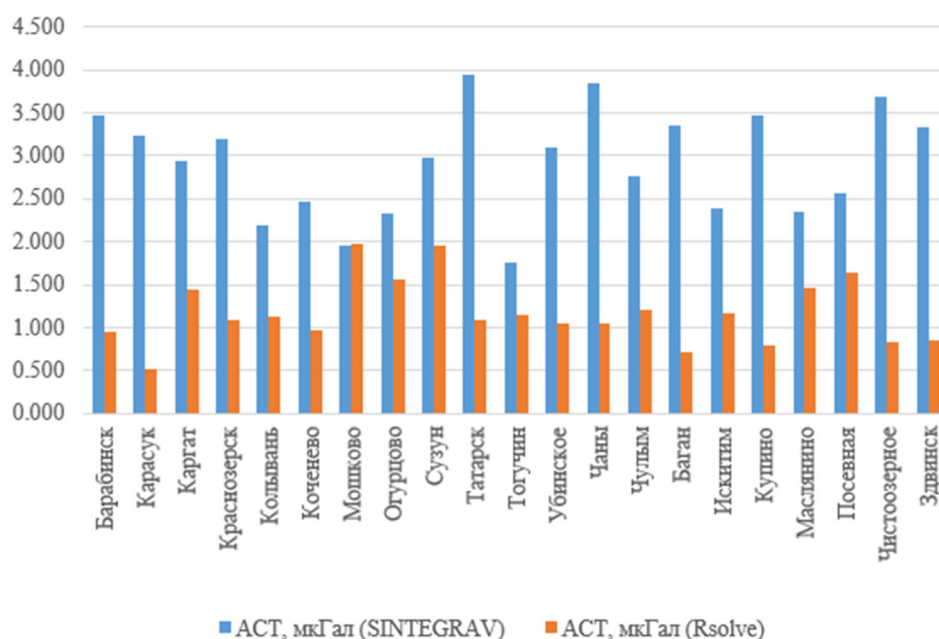


Рис. 1. Сравнение результатов влияния снежного покрова на АСТ, вычисленные в программах «SINTEGRAV» и «RSolve» (февраль 2020 г.)

Анализ рисунка 1 свидетельствует об отсутствии корреляции между результатами. В программе «SINTEGRA V» влияние снежного покрова, относительно других геодинамических факторов, слабо учитывается при вычислении АСТ, что не позволяет выявить корреляцию между результатами, полученными в двух программах.

На рисунках 2–5 представлены графики значений изменения высоты снега и изменения АСТ на периоды: декабрь–январь 2019–2020 гг., январь–февраль 2020 года, декабрь–январь 2020–2021 гг., январь–февраль 2021 года.

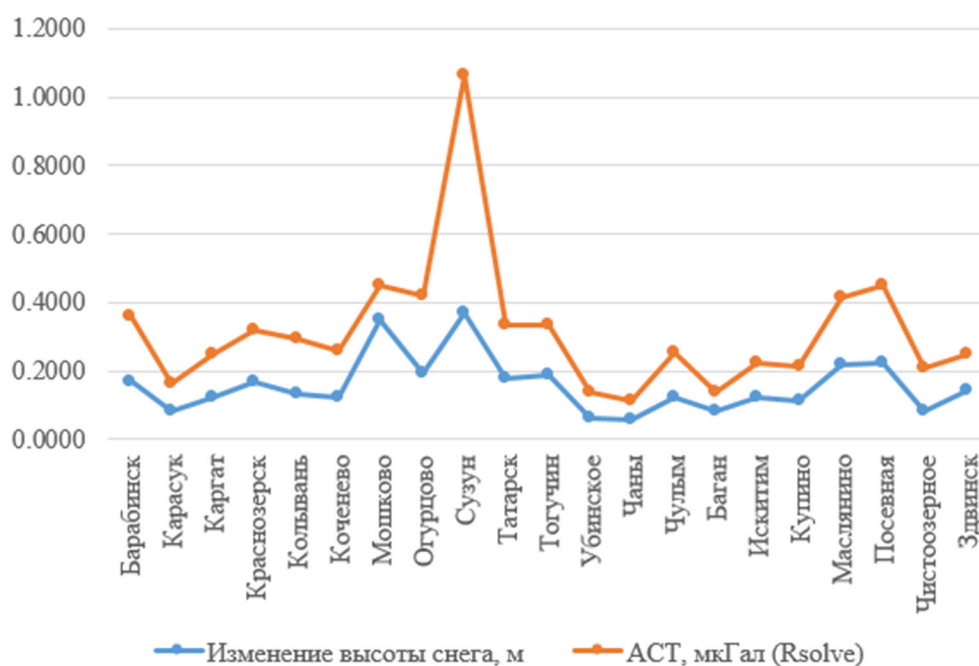


Рис. 2. График значений изменения высоты снега и изменения АСТ за декабрь–январь 2019–2020 гг.

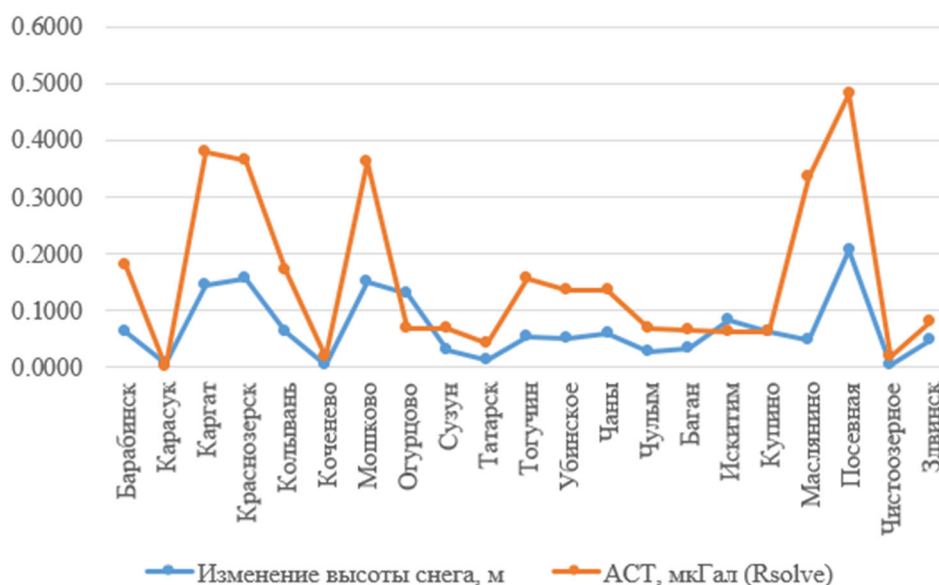


Рис. 3. График значений изменения высоты снега и изменения АСТ за январь–февраль 2020 года

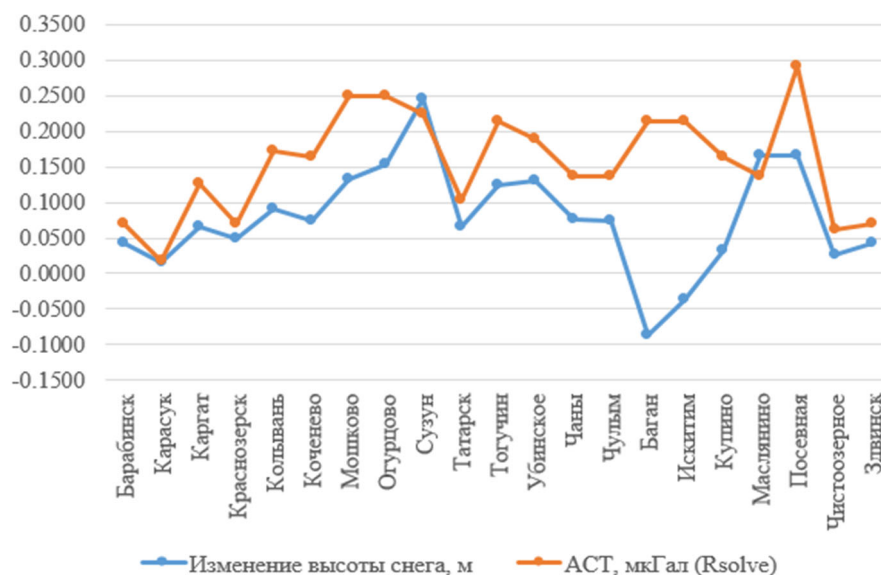


Рис. 4. График значений изменения высоты снега и изменения АСТ за декабрь–январь 2020–2021 гг.

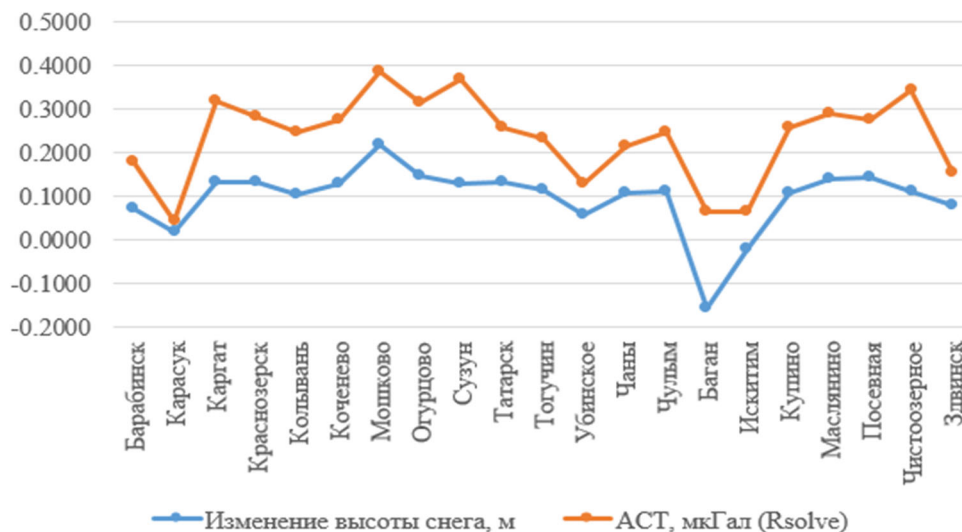


Рис. 5. График значений изменения высоты снега и изменения АСТ за январь–февраль 2021 года

Анализируя результаты, приведенные на рисунках 2–5, можно сделать вывод о наличии корреляции между изменениями высоты снежного покрова и изменениями АСТ в зимние периоды 2019–2021 гг. Коэффициент корреляции выше 0,9, вычисленный в программе Excel, составил 67% от общего числа пунктов, что говорит о значительной зависимости между изменениями АСТ и изменениями высоты снега, наблюдаемой на 14 станциях.

Заключение

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

– влияние различных геодинимических факторов на результаты АСТ является существенным, при этом вклад снежного покрова – незначительный;

– величина изменения аномалий силы тяжести, обусловленных влиянием твердых осадков в виде снежного покрова, требует ее учета при выполнении высокоточных гравиметрических работ;

– исследование выявило выраженную взаимосвязь между высотой снежного покрова и вызванными им изменениями аномалий силы тяжести.

Снежный покров оказывает значительное влияние на результаты гравиметрических работ, искажая измерения аномалий силы тяжести из-за изменения распределения масс на поверхности Земли. Современное гравиметрическое оборудование, обладающее высокой точностью (порядка 5 мкГал), позволяет регистрировать даже небольшие изменения силы тяжести, вызванные снежным покровом. Поэтому для получения достоверных результатов при гравиметрических исследованиях необходимо учитывать и моделировать влияние снега, используя данные о его плотности и толщине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Канушин В. Ф. Современные проблемы физической геодезии / Канушин В. Ф., Ганагина И. Г. – Новосибирск. СГГА. – 2013. – 123 с. – ISBN: 978-5-87693-665-3. – Текст : непосредственный.

2. Костына. Ю. Г. Сезонные изменения силы тяжести, обусловленные снежным покровом / Ю. Г. Костына // Повторные гравиметрические наблюдения: сборник научных трудов. – Москва. 1986. – С. 68–70. – ISSN: 1792-0829. – Текст : непосредственный.

3. ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» [Электронный ресурс] // <http://www.meteo-nso.ru/gidarticles> : [сайт]. – URL: <http://www.meteo-nso.ru/> (дата обращения : 12.03.2025). – Режим доступа : общий доступ.

4. International Centre for Global Earth Models (ICGEM) [Электронный ресурс] // <https://icgem.gfz-potsdam.de/home> : [сайт]. – URL: <https://icgem.gfz-potsdam.de/sl/temporal> (дата обращения : 10.02.2025). – Режим доступа : общий доступ.

5. 2020618429 Российская Федерация. SINTEGRAV ver. 1.0 / Голдобин Д.Н., Канушин В.Ф., Косарев Н.С.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» – № 2020617685; заявл. 14.07.2020; опубл. 28.07.2020; Бюл. № 8.

© Ю. П. Кижеватова, И. Г. Ганагина, 2025

Е. А. Бровко^{1,2}✉

Методические и технологические решения по использованию данных топографического мониторинга для обеспечения актуальности цифровой картографической продукции

¹ППК «Роскадастр», г. Москва, Российская Федерация

² Московский университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: brovko.priroda@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются основные результаты проведенных теоретических и эмпирических исследований, на основании которых разработаны методические и технологические решения по использованию данных топографического мониторинга для оперативного обновления цифровых (электронных) топографических карт и обеспечения актуальности цифровой картографической продукции (ЦКП). Исследования, включающие теоретический анализ и синтез; изучение зарубежной и отечественной специализированной литературы; инструментальные (в виде определения координат изменившихся объектов местности) и программные методы (в виде обработки геопространственной информации и визуализации результатов работ) – направлены на обоснование рекомендаций и требованиям к методам и технологиям, обеспечивающим актуализацию геоинформационной продукции – новым видам ЦКП, включая требования к технологиям их обновления с использованием услуг, предоставляемых системой ГЛОНАСС.

Ключевые слова: актуализация пространственных данных, детальный топографический мониторинг, материалы космической съемки, цифровая картографическая продукция

Е. А. Бровко^{1,2}✉

Methodological and technological solutions for the use of topographic monitoring data to ensure the relevance of digital cartographic products

¹PKK «Roskadastr», Moscow, Russian Federation,

² Moscow University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, Russian Federation
e-mail: BrovkoEA@kadastr.ru

Abstract. The article discusses the main results of theoretical and empirical research, based on which methodological and technological issues have been developed on the use of topographic monitoring data for operational updating of digital (electronic) topographic maps and ensuring the relevance of digital cartographic products (DCP). Research, including theoretical analysis and synthesis, the study of foreign and domestic specialized literature, instrumental (in the form of determining the coordinates of changed terrain objects) and software methods, in the form of processing geospatial information and visualizing the results of work, are aimed at substantiating recommendations and requirements for new types of DCP, including requirements for technologies for their creation and updating using services provided by the GLONASS system.

Keywords: updating spatial data, detailed topographic monitoring, satellite survey materials, figures

Введение

Основание для выполнения исследования:

НИР «Геокарта-2030», выполняемая в соответствии с Федеральным проектом «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» [1].

Законодательная база:

Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», в части реализации статей 4, 11, 16 (п.5), 17, 20;

Федеральный закон от 4 августа 2023 года № 491-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Нормативно-техническим обеспечением работ по актуализации пространственных данных служат разработанные ППК «Роскадастр» при участии Военно-топографической службы Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации (ВТУ ГШ ВС РФ) нормативно-технические документы (НТД): ГОСТ Р 71887–2024 [2]; ГОСТ Р 72017-2025 [3], регламентирующие процесс топографического мониторинга.

Цель исследования: разработка методических и технологических решений по использованию данных топографического мониторинга для оперативного обновления цифровых (электронных) топографических карт (ЦТК, ЭТК) и обеспечение мониторинга актуальности цифровой картографической продукции ЦКП, в том числе, создаваемой на единой электронной топографической основе (ЕЭКО).

Основные задачи: обоснование рекомендаций и требований к технологиям создания и обновления по данным детального топографического мониторинга (ДТМ) новых видов цифровой картографической продукции с использованием системы ГЛОНАСС, с учетом нормативной периодичности их обновления [4].

Разработка механизмов актуализации ЦКП с использованием метода топографического мониторинга (ТМ) является одной из первоочередных задач, решаемых в рамках НИР «Геокарта-2030», поскольку основным требованием к цифровым (электронным) топографическим картам является максимальное соответствие карты современному состоянию изображенной на них местности.

Результаты проведенных исследований, полученные в процессе НИР «Геокарта 2030» в 2024 г. по использованию данных топографического мониторинга для анализа разновременных материалов космической съемки в целях планированию картографических работ по обновлению цифровых топографических карт в целях поддержания актуальности ЦТК на территорию Российской Федерации, приведены в публикации Бровко Е.А., Гоголевой Е.Е. [5].

Обоснование необходимости проведения исследований в сфере создания (актуализации) геоинформационных продуктов и новых видов ЦКП

Постановка задачи создания новых видов геоинформационных продуктов, услуг и ЦКП обусловлена необходимостью разработки и издания современной инновационной цифровой картографической продукции, обладающей «потребительской новизной», конкурентоспособностью, возможностью эффективного использования для решения задач управления территориями регионов страны, а также получения прибыли от их реализации.

Результаты масштабного анализа потребностей федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в актуальных пространственных данных для решения государственных задач отраслями экономики и обороны страны, изложенные в публикации Карпика А.П., Обиденко В. И., Побединского Г.Г. [6] – послужили неоспоримым доказательством необходимости модернизации и совершенствования методов и технологий создания (актуализации) существующей и новых видов геоинформационной продукции и ЦКП.

Проектирование и создание системы государственного топографического мониторинга (системы ГТМ) [7] – составной компоненты национальной системы пространственных данных (НСПД) [8, 9] в едином геоинформационном пространстве, ориентировано на совершенствование методов и технологий актуализации пространственных данных в масштабе территории страны.

В качестве теоретической и методологической основы разработки и реализации инновационного проекта-создание системы ГТМ, определены программно-целевой метод и системный новаторский подход.

Программно-целевой метод, предусматривающий стратегическое планирование и оперативное управление на стадии проектирования и создания системы ГТМ (ее основных элементов) посредством разработки программных исследований – построение графов, в виде «дерева целей» (совокупности программных исследований) и обеспечение их увязки с ресурсами (информационными, трудовыми, экономическими) – «деревом ресурсов», необходимыми для реализации задачи создания системы ГТМ.

Системный новаторский подход предполагает:

- использование новых методов (в том числе, сетевого анализа, с выявлением ключевых характеристик элементов системы топографического мониторинга) и развитие критических геоинформационных технологий [10], ориентированных на создание новых видов инновационной цифровой картографической продукции;

- более эффективное применения материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса (оптико-электронного и радиолокационного наблюдения) и геоинформационных технологий для их обработки, в оперативном режиме, в целях получения информативных по содержанию современных видов ЦКП;

– применение технологий искусственного интеллекта (алгоритмов машинного обучения при дешифрировании материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и автоматического анализа полученных данных об изменениях объектов местности, с выявлением закономерностей и прогнозов их развития);

– оценки и использование в исследовании дополнительных возможностей (показа виртуальной, дополненной, смешанной реальности) при проведении экспериментальных исследований, в том числе при создании иммерсивной среды, с использованием мультимедийных картографических приложений.

– разработки стратегии для получения новых знаний (с учетом определения проблематики исследования, генерированием идеи организации топографического мониторинга, оценив масштабы работ и выбрав верные методические и технологические решения).

Системный новаторский подход ориентирован, в том числе на прикладной аспект использования данных топографического мониторинга, учитывающий: улучшение точности и достоверности его результатов; функциональные особенности создаваемых видов ЦКП; ускорение процесса, направленного на достижение ключевой цели в получении конечной цифровой геоинформационной продукции и ЦКП.

Реализация поставленных задач обусловлена необходимостью разработки и издания современной ЦКП – ЦТК (ЭТК), цифровых топографических планов (ЦТП), организацией мониторинга актуализации ЕЭКО и создаваемой на ее базе специальных топографических, тематических карт на территории регионов Российской Федерации.

Терминологическая система (фрагмент), используемая в технологическом процессе топографического мониторинга

В процессе создания новых видов ЦКП и их актуализации по результатам топографического мониторинга предполагается использование современных терминов и их определений, ряд из которых взят из разработанных автором ГОСТ Р [5, 6], а приведенные в настоящей публикации и заимствованные из Концепции технологического развития [7] адаптированы к исследуемой предметной области.

Актуализация пространственных данных: Процесс приведения содержания данных о пространственных объектах, в том числе в электронной форме, в соответствие с современным состоянием местности (ГОСТ Р 71887-2024, раздел 3, пункт 3.1.1).

Топографический мониторинг: Регламентированное наблюдение и картографическое слежение за состоянием и изменениями пространственных объектов (п.3, статьи 3 ФЗ-431 (в ред. ФЗ-491) – элементов содержания цифровых (электронных) топографических карт на основе материалов аэро- и космической съемки, данных глобальных навигационных спутниковых систем, отраслевых пространственных данных, получаемых в близком к реальному времени

Детальный топографический мониторинг: Уровень топографического мониторинга (ТМ) для установления изменений объектов местности по современным оптико-электронным космическим снимкам высокого номинального пространственного разрешения (не хуже 2,5 м) и отраслевым пространственным данным, фиксирования изменений на цифровой дежурной топографической карте, в базе данных изменений объектов местности и при формировании оригиналов изменений. ГОСТ Р 71887–2024, раздел 3, пункт 3.1.11

Цифровая дежурная топографическая карта; ЦДТК: Цифровая топографическая карта, в электронном форме, используемая в качестве документа, в котором систематически отмечаются происходящие на местности изменения, подлежащие учету и отображению на обновляемой и вновь изготавливаемой цифровой картографической продукции в соответствии с ГОСТ Р 71887- 2024, раздел 3, пункт 3.1.19. При этом совокупность массивов данных, распределенная по слоям, с атрибутивными характеристиками объектов, составляет номенклатурный лист ЦДТК соответствующего масштаба.

Виды инновационной цифровой картографической продукции- новые и/или подвергнутые различным изменениям в технологическом процессе их создания, в последние годы (3–5 лет) картографические материалы, геоинформационная продукция, в том числе, цифровая дежурная топографическая карта, оригинал изменений, база данных изменений объектов местности [3].

Критические технологии, ориентированные на создание новых видов ЦКП – геоинформационные технологии, используемые в отрасли геодезии, картографии, в дистанционном зондировании Земли, необходимые для создания и актуализации инновационных видов цифровой картографической продукции и высокотехнологичных сервисов, имеющих системное значение для картографического обеспечения решения социально-экономических задач, обороны страны и безопасности государства.

Материалы и методы

Исходными материалами, для ведения топографического мониторинга, должны служить:

- архивные материалы и современные материалы космической съемки среднего номинального пространственного разрешения (см. ГОСТ Р 70077-2022, пункт 3.1.15) – для целей обзорного топографического мониторинга; современные материалы аэросъемки и космической съемки высокого номинального пространственного разрешения – для целей ДТМ;
- материалы, содержащие пространственные данные: карты, планы, планшеты, другие документы, являющиеся исходными для преобразования содержащихся в них пространственных данных в электронный вид;
- пространственные данные, включающие сведения, удостоверяющие местоположения пространственного объекта: описание пространственного объекта с помощью набора данных, включающего в себя координатное описание, идентификатор, наименование (при наличии – адрес) объекта, описание его тополо-

гических отношений с другими пространственными объектами, предоставляемое юридически значимым источником пространственных данных;

- сведения ЕЭКО согласно [1] (статья 16, пункт 4).

В процессе настоящего исследования применялись *комплексные теоретические и эмпирические методы*, включающие теоретический анализ и синтез, изучение зарубежной и отечественной специализированной литературы в данной предметной области, инструментальные методы, в виде определения координат изменившихся объектов местности) и программные методы, в виде автоматизированной (автоматической) обработки различных видов пространственных данных и визуализации их результатов.

Результаты

Под *методическими решениями* понимается совокупность документов, описывающих технологию детального топографического мониторинга (ДТМ), методы выбора и применения технологических способов и приемов для актуализации пространственных данных.

Методические решения должны сопровождать:

- технологию функционирования детального топографического мониторинга (ДТМ) в части актуализации цифровой картографической продукции (ЦКП);
- методы, выбранные для выполнения технологических этапов ДТМ, касающиеся актуализации ЦКП (топографической и тематической);
- технологические приемы, применяемые для получения результатов на этапах ДТМ и в процессе актуализации содержания ЦТК, в том числе цифровых топографических карт специального назначения.

Методические решения основываются на научном системном подходе, то есть на знании наук о Земле. При актуализации ЦКП методические решения устанавливают требования:

- к методам проверке материалов детального топографического мониторинга;
- оценке достаточности имеющихся результатов работ по ДТМ для планирования обновления ЦТК (ЭТК) и актуализации ЦКП;
- контролю результатов ДТМ и оценке их возможностей для выполнения технических расчетов и моделирования в зависимости от задач и используемых моделей, формируемых пользователями ЦКП;
- анализу прогноза развития территории картографирования по результатам выявленных количественных и качественных изменений объектов местности, актуализированных на ЦКП;
- оценке полноты, качества и достоверности полученных актуальных пространственных данных;
- применению инновационных методов обучения, в том числе искусственного интеллекта, с использованием интерактивных технологий, виртуальной и дополненной реальности.

Методические решения должны содержать:

– методические рекомендации (МР) по регламентированному картографическому слежению за состоянием и изменениями объектов местности – элементов содержания ЦТК (ЭТК), ЕЭКО, других видов ЦКП, создаваемых на основе ЕЭКО;

– приемы выявления отдешифрованных по космическим снимкам изменений и их картографирование в соответствии с ГОСТ Р 71887-2024;

– технологии использования результатов ДТМ, которые должны формироваться в базах данных изменений объектов местности (в филиалах ППК «Роскадастр» – по зонам их деятельности), в соответствии с ГОСТ Р 72 017-2025.

Методические рекомендации планируется разработать в рамках НИР «Геокарта -2030» и утвердить приказом ППК «Роскадастр» в 2026 г.

Методические рекомендации должны регламентировать *требования и методы*:

– сбора, получения и систематизации информации на территорию картографирования номенклатурного листа (НЛ) ЦКП;

– использования специального программного обеспечения (например, СПО «Модуль КТМ»), обеспечивающего автоматическое (автоматизированное) дешифрирование по материалам космической съемки изменений объектов местности, их векторизацию на цифровой дежурной топографической карте, оригинале изменений, сопряженных с базой данных изменений объектов местности;

– актуализацию содержания ЦКП в соответствии с современным состоянием местности.

Технологическая схема модуля сбора, получения и систематизации информации на территорию картографирования приведена на рис.1.

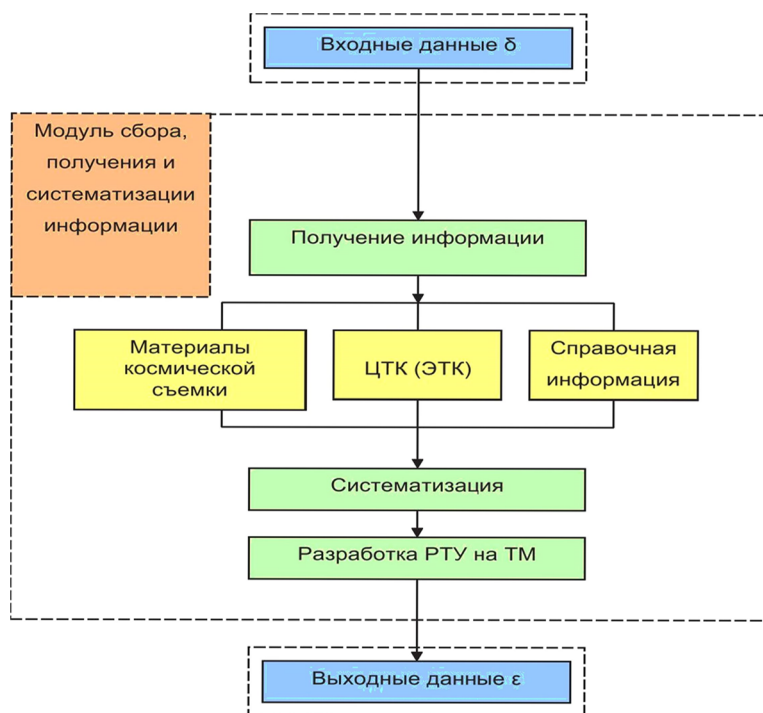


Рис. 1. Технологическая схема модуля сбора, получения и систематизации информации на территорию картографирования [2]

Технологическая схема модуля комплексной обработки геопространственной информации, приведенная на рис. 2, иллюстрирует основные технологические процессы в интеграции с методическими решениями по автоматизированной (автоматической) обработке – автоматизированному дешифрированию и векторизации изменений объектов местности, в том числе с использованием методики создания и обновления наборов пространственных данных на базе программного комплекса (ПК) «Модуль КТМ», альтернативное решение ПО комплекса автоматизированного дешифрирования и векторизации (разработчик: КБ «Панорама»).

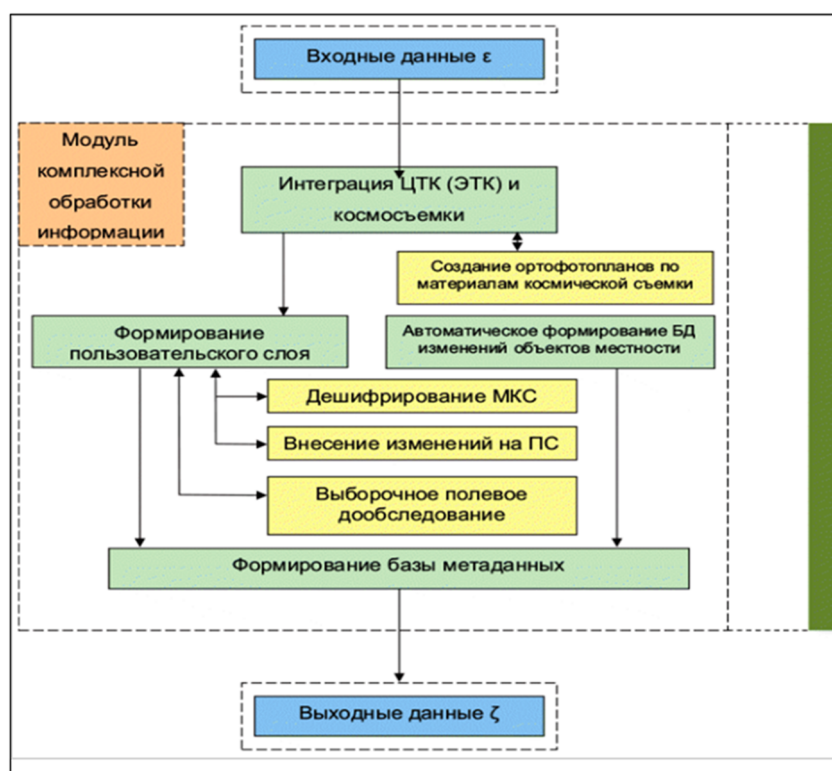


Рис.2. Технологическая схема модуля комплексной обработки геопространственной информации

Технологические решения по использованию данных топографического мониторинга для обеспечения актуальности цифровой картографической продукции – это комплекс мероприятий и методов, направленных на выбор, разработку и внедрение методов и технологий, обеспечивающих эффективное, безопасное и экономичное функционирование топографического мониторинга.

В контексте проектирования системы ТМ, технологические решения включают в себя:

- анализ и обоснованный выбор технологических процессов (их описание), определение оптимальных технологий для выполнения задач актуализации пространственных данных;

- использование и, при необходимости, внедрение современных методов, способов и приемов, обеспечивающих достоверность, точность, современность, высокое качество актуализируемой цифровой картографической продукции;
- обоснование схем управления процессами, описание программных и аппаратных средств и технологий, которые планируется использовать в процессе актуализации ЦКП.

Работа модуля создания выходной продукции топографического мониторинга, реализуемый на технологическом этапе детального топографического мониторинга показана на рис.3.

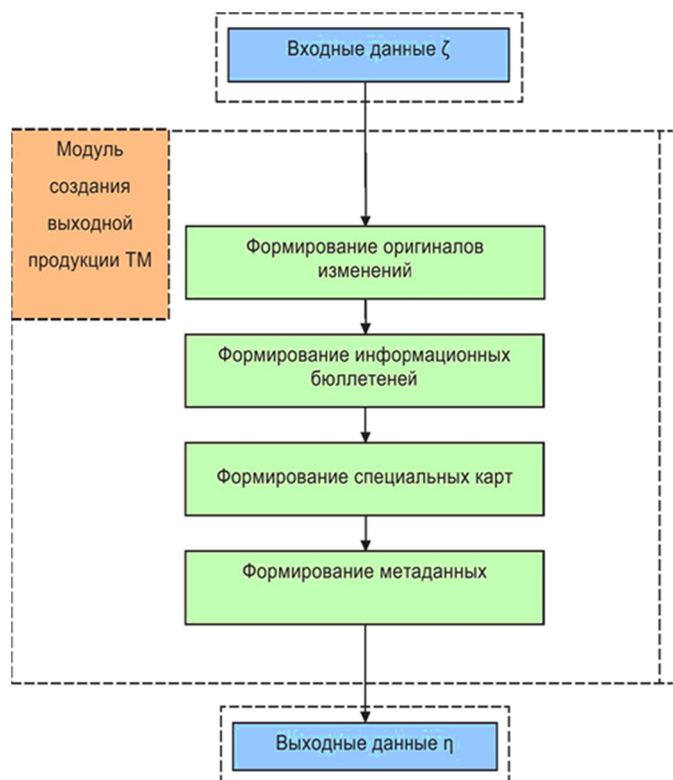


Рис.3. Технологическая схема модуля создания выходной продукции топографического мониторинга

Выходные данные:

- актуализированные ЦДТК;
- оригиналы изменений;
- база данных изменений объектов местности;
- бюллетени, содержащие справочные данные об изменениях объектов местности;
- актуализированные специальные карты;
- метаданные об актуализированных пространственных данных с привязкой к НЛ ЦТК (НЛ ЭТК).

Программным обеспечением работы данного модуля является ПК «Модуль КТМ» (условное название), с функционалом, позволяющим выполнять обработку пространственных данных.

Технологическая схема процесса актуализации цифровой картографической продукции, по данным оригинала изменений и базы данных изменений объектов местности, апробирован в ходе экспериментальных работ на примере тестового участка, приведен на рис. 4.



Рис.4. Технологическая схема процесса актуализации цифровой картографической продукции по данным оригинала изменений и базы данных изменений объектов местности

Результаты и выводы

Результатами исследования являются разработка методических и технологических решений по практическому использованию данных топографического мониторинга для оперативного обновления ЦТК (ЭТК), актуализации содержания единой электронной картографической основы и создаваемых на ее базе специальных видов цифровой картографической продукции, как топографических карт специального назначения, так и содержания тематических карт масштабного ряда 1: 10 000 – 1: 100 000 и мельче.

Использование в качестве основных источников информации данных ДЗЗ, получаемых в том числе из космоса, посредством воздушных судов, включая беспилотные, спутниковые навигационные технологии, а также предлагаемые в статье методы и технологии, в том числе методы трехмерного моделирования и мультимедиа, обеспечат комплексное повышение информативности актуализируемых ЦКП и сокращение затрат на обновление ЦТК (ЭТК) и мониторинг актуализации ЕЭКО.

Заключение

Перспективными направлениями развития метода топографического мониторинга для актуализации пространственных данных, по нашему мнению, являются:

– включение в полномочия Росреестра и ППК «Роскадастр» ведение топографического мониторинга на территории Российской Федерации и территории отдельных континентальных районов [2];

– организация ведения топографического мониторинга за изменениями объектов местности – элементов содержания ЦТК (ЭТК) и ЕЭКО на базе региональных филиалов ППК «Роскадастр», в соответствии с ГОСТ Р 71887-2024 и ГОСТ Р 72017-2025;

– разработка и адаптация в общий технологический процесс топографического мониторинга технологии дополненной реальности, что значительно расширяет возможности формирования баз геопространственной информации для познания действительной реальности, при этом внедряя цифровые пространственные (трехмерные) модели объектов местности в формируемую Национальную систему пространственных данных [8], что позволит их использовать для визуализации объектов в целях планировании устойчивого развития территорий регионов страны;

– организация топографического мониторинга предусматривает гарантированное получение данных ДДЗ из космоса, с требуемыми параметрами и условиями космической съемки [12], возможность получения которых в заданные сроки и с установленной периодичностью на различные регионы страны, с учетом Постановления Правительства РФ № 400 [4]. В настоящее время в России создается новый национальный проект «По развитию космической деятельности Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» (<https://www.roscosmos.ru/41573/>), который позволит на базе отечественных спутниковых группировок и национальной орбитальной станции осуществлять фундаментальные и прикладные исследования по использованию данных ДЗЗ для оперативного картографирования происходящих изменений местности и актуализации пространственных данных.

Для информационного взаимодействия между федеральными и региональными информационными системами и системой топографического мониторинга необходимо:

– обеспечить единство: отраслевых классификаторов картографической информации, стандартов и форматов обмена пространственными данными;

– разработать перечень и содержание национальных стандартов, регламентирующих общие положения, требования к технологическим процессам, оценке качества новых видов геоинформационных продуктов, услуг и цифровой картографической продукции.

– разработать структуру и содержание баз данных эталонов дешифрирования изменений объектов местности (эталонов обучения ИИ) для обновления ЦТК (ЭТК), в том числе по данным ЕЭКО, для актуализации ЦКП, обладающих «потребительской новизной», конкурентоспособностью, возможностью эффективного использования для решения задач управления территориями регионов страны, а также получения прибыли от их использования в отраслях экономики страны;

- разработать и/или актуализировать нормативно-технического обеспечения в области цифрового картографирования и геоинформационных технологий, в

сфере оперативного обновления ЦТК (ЭТК) и ЕЭКО с использованием данных топографического мониторинга.

Благодарности

Исследование выполняется в рамках НИР «Геокарта 2030», в связи с этим – слова признательности руководству Росреестра и ППК «Роскадастр» за финансовую и моральную поддержку настоящего исследования.

Слова благодарности организаторам конференции «Гео-Сибирь 2025» – за приглашение участвовать в конференции с докладом и возможность публикации статьи в настоящем сборнике.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный проект «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» государственной программы Российской Федерации «Космическая деятельность России» <https://rostransnadzor.gov.ru/deyatelnost/130>.
2. ГОСТ Р 71887–2024 Геодезия и картография. Топографический мониторинг для обновления цифровых (электронных) топографических карт и актуализации пространственных данных. Общие положения.
3. ГОСТ Р 72017-2025 Геодезия и картография. Детальный топографический мониторинг при обновлении цифровых (электронных) топографических карт и актуализации пространственных данных. Методическое и организационное обеспечение. Основные требования
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.03.2024 № 400 «Об утверждении Положения об обновлении государственных топографических карт и государственных топографических планов, а также масштабов, в которых они создаются»
5. Бровко Е.А., Гоголева Е.Е. Научно-методические подходы к планированию картографических работ по обновлению цифровых топографических карт на основе результатов анализа разновременных материалов космической съемки . Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XX Международный научный конгресс, 15–17 мая 2024 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – С. 208–215 с. – ISSN 2618-98
6. Карпик А.П., Обиденко В. И., Побединский Г. Г. Исследование потребности федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации в пространственных данных // Геодезия и картография. – 2021. – Т 82. – № 2. – с. 49–63.
7. Бровко Е.А. Создание системы государственного топографического мониторинга в едином геоинформационном пространстве страны. / Информация и Космос. – 2021. – №1. – С.138–145.
8. Постановление Правительства РФ от 7 июня 2022 г. N 1040 «О федеральной государственной географической информационной системе «Единая цифровая платформа «Национальная система пространственных данных» (с изменениями и дополнениями).
9. Бровко Е.А., Софинов Р.Э. Актуализация пространственных данных методом государственного топографического мониторинга в целях реализации государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»: проблемы и решения // Геодезия и картография. – 2022– № 3. – С. 14–22.
10. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года N 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года».
11. Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 5 апреля 2022 г. № П/0122 «Об утверждении требований к составу сведений единой электронной картографической основы и требований к периодичности их обновления».
12. ГОСТ Р 70077-2022 Материалы космической съемки для создания и обновления государственных топографических карт. Оценка качества. Основные требования.

© Е. А. Бровко, 2025

Д. Г. Будаева^{1✉}, З. С. Еремко¹, С. А. Петров¹

Анализ развития зимнего и ледово-снежного туризма на озере Байкал на основе «больших данных» (на примере Республики Бурятия)

¹Байкальский институт природопользования Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Улан-Удэ, Российская Федерация
e-mail: budaevadarima@yandex.ru

Аннотация. Растущая популярность ледово-снежного туризма на оз. Байкал обуславливает необходимость оценки его ресурсного потенциала и антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Природные особенности оз. Байкал, в том числе большая площадь озера, требуют больших финансовых и временных затрат для исследования и в нашей работе наряду с традиционными источниками данных в качестве дополнительного источника были использованы «большие данные». В работе представлены некоторые результаты оценки современного состояния развития ледово-снежного туризма, в том числе с использованием фотографий туристов с геотегами, собранных из социальных сетей и gps треков туристских маршрутов, доступных на специализированных сайтах. Исследования проведены на ледовой поверхности оз. Байкал в границах Республики Бурятия. Представлены примеры использования «больших данных» при инвентаризации подвидов ледово-снежного туризма и картографирования туристских локаций, оценки соблюдения туристами правил безопасности туристов на льду с использованием фотографий туристов с геотегами.

Ключевые слова: ледово-снежный туризм, озеро Байкал, «большие данные», геотеги, gps треки туристских маршрутов

D. G. Budaeva^{1✉}, Z. S. Eremko¹, S. A. Petrov¹

Big data analysis of winter and ice and snow tourism development in the Lake Baikal Region: a case study of the Republic of Buryatia

¹Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences Ulan-Ude, Russian Federation
e-mail: budaevadarima@yandex.ru

Abstract. The increasing popularity of ice and snow tourism on Lake Baikal necessitates a comprehensive evaluation of its resource potential and anthropogenic environmental impacts. However, the natural features of Lake Baikal, including the large area of the lake, require large financial and time costs for the study and in our work along with traditional data sources “big data” was used as an additional source. This study presents key findings from an assessment of current ice and snow tourism development, utilizing geotagged tourist photographs from social media platforms and GPS-tracked route data from specialized websites. The research was conducted on the ice-covered surface of Lake Baikal within the Republic of Buryatia. We demonstrate practical applications of big data analytics for: inventory and classification of ice/snow tourism subtypes, spatial mapping of tourist hotspots, and evaluation of tourists' compliance with ice safety regulations through analysis of geotagged photographic evidence."

Keywords: ice and snow tourism, Lake Baikal, big data, geotags, GPS tracks of tourist routes

Введение

Благодаря тому, что озеро Байкал является уникальным водным объектом на Земле по площади, по глубине и запасам пресной воды с кристальной прозрачностью [1, 2, 3] в последние годы особую популярность завоевывает отдых на льду озера, что диктует важность исследований потенциала развития туризма и антропогенного воздействия на окружающую природную среду. Учитывая большую площадь озера в целях исследования туризма на ледовой поверхности важное значение приобретает использование «больших данных». Как отмечается в документах ЮНВТО, «в настоящее время в партнерстве с онлайн-турагентствами, телекоммуникационными и финансовыми компаниями сервисные компании и правительства по всему миру используют большие объемы данных для разработки и реализации туристской политики» [4]. В научных исследованиях признается необходимость не только представления данных из одного источника, но и сравнения и триангуляции результатов из различных источников [5], подтверждается применение технологии Big Data в сферах клиентского сервиса и операционной эффективности [6]. Анализ антропогенного воздействия туризма представлен на примере использования GPS треков для оценки рекреационной нагрузки [7], анализа посещаемости территорий [8]. Проведенный анализ показывает, недостаточность изученности вопросов использования «больших данных» в туристской сфере в зимний период.

В данной работе выполнены задачи: по инвентаризации и картографированию подвидов ледово-снежного на оз. Байкал в границах Республики Бурятия; по оценке соблюдения туристами правил безопасности туристов на льду с использованием фотографий туристов с геотегами и GPS треков туристских маршрутов; по картографированию локальных участков.

Методы и материалы

Территория исследования охватывает ледовую поверхность оз. Байкал и прибрежные территории, включающие 5 муниципальных образований Республики Бурятия и 3 муниципальных образования Иркутской области. В данной статье представлены результаты работы в границах Республики Бурятия.

При проведении исследования использовано понятие ледово-снежного туризма как подвида зимнего туризма, который охватывает широкий спектр активностей и мероприятий, основанных на использовании природных ресурсов снега и льда. Структура подвидов видов ледово-снежного туризма включает: организованный маршрутный туризм; ледово-снежный прогулочный отдых; ледово-снежный спортивный туризм; подледная рыбалка; ледово-снежные событийные мероприятия; ледово-снежные игры и развлечения; ледово-снежное искусство; фототуризм; ледовая гастрономия [9].

Для уточнения местоположения туристских локаций проведен анализ фотографий туристов, опубликованных в социальной сети VK на территории 5 муниципальных образований Республики Бурятия в диапазоне январь-апрель включительно, в течение 2019–2024 гг. Из социальной сети были извлечены фотогра-

фии, содержащие привязанные геолокации. Данный процесс осуществлялся с использованием API платформы, что позволило автоматизировать сбор данных и обеспечить их репрезентативность. Фокус был сделан на фотографиях, относящихся к отдыху на свежем воздухе, включая зимние виды спортивного, маршрутного туризма и прогулочного отдыха, таких как катание на лыжах, снегоходах, коньках, зимний треккинг и другие. После применения фильтров и атрибутирования для ледовой поверхности получено 1723 изображения с соответствующими атрибутами и геопривязкой. В рамках исследования также были собраны данные о туристских маршрутах и GPS треках, доступные на специализированных сайтах, посвященных туристическим активностям. Данные получены в ходе совместной научно-исследовательской работы по извлечению и обработке фотографий с сервисов по обмену фотографиями из социальной сети VK и GPS треков туристских маршрутов из специализированных туристских сайтов [10].

Картографирование проведено на топографической основе масштаба 1: 200 000 с использованием лицензионного программного продукта ArcGIS Enterprise Standard.

Для оценки соблюдения мер безопасности туристами на ледовой поверхности озера выполнен анализ пространственного распределения фотографий. Используя предварительно обработанные фотографии для каждой точки пространства определялось количество фотографий в квадратах географической сетки площадью 1 км². Ранжирование территории проведено по критерию наибольшей фотоактивности туристов в прибрежной зоне ледовой поверхности в январе с 2019–2024 гг. в условиях неблагоприятной ледовой обстановки.

Результаты

В результате анализа данных министерств и ведомств, администраций муниципальных образований, общественных организаций [11], результатов интервьюирования туроператоров, полевых экспедиций составлен перечень ледово-снежных мероприятий (табл.1).

Таблица 1

Перечень основных мероприятий ледово-снежного туризма на оз. Байкал в границах Республики Бурятия

№	Мероприятия	Название мероприятия/маршрута	Место проведения / Нитка маршрута
1.	Ледово-снежное событийное мероприятие	Снежная открытка	н.п. Максимиха Баргузинский район
2.		Кубок Байкала по хоккею	
3.		Кубок двух озер по хоккею	
4.		Байкальская миля	
5.		Байкальский лыжный марафон	
6.		Празднование крещения господня	н.п. Посольское Кабанский район

7.	Ледово-снежный спортивный туризм	Байкальский беговой марафон	н.п. Танхой–н.п. Листвянка Кабанский район, Иркутская область
8.		н.п. Северобайкальск – местность Хакусы и обратно (пеший)	Северо-Байкальский район н.п. Северобайкальск
9.		н.п. Северобайкальск- Слюдянские озера – мыс Котельниковский (пеший)	
10.		От остановки 4 км до остановки 8 км (пеший)	
11.	Ледово-снежный маршрутный туризм	н.п. Усть-Баргузин – бухта Змеевая – о. Мал. Кылтыгей (Голый)	Баргузинский район
12.		н.п. Усть-Баргузин – о. Ольхон	Северо-Байкальский район н.п. Северобайкальск
13.		н.п. Северобайкальск – местность Хакусы и обратно	
14.		н.п. Северобайкальск –мыс Котельниковский	
15.		Местность Черепаха-н.п. Горячинск	Прибайкальский район
16.		н.п. Турка – о. Ольхон	
17.		н.п. Гремячинск	
18.	Любительское рыболовство (официальные спортивные мероприятия)	Зимние забавы в Чивыркуе	Чивыркуйский залив, Баргузинский район
19.		Байкальская сорожка	Местность Холодянки Баргузинский район
20.		Байкальская рыбалка	н.п. Турка
21.		Зимняя рыбалка	Местность Култушная Кабанский район
22.	Ледово-снежный прогулочный туризм	Прогулки и экскурсии в местности Черепаха	Прибайкальский район
23.		Прогулки и экскурсии в н.п. Горячинск	
24.		Прогулки на ледовой поверхности вблизи турбазы «Люкс-тур», в районе городского парка	Город Северобайкальск
25.		Ледовый лагерь на юго-западной оконечности полуострова Святой Нос	Баргузинский район
26.		Ледовый лагерь в устье р. Баргузин	
27.		Прогулки на ледовой поверхности в н.п. Выдрино	Кабанский район
28.		Прогулки и экскурсии в местности Хакусы	Северо-Байкальский район

При картографировании мест любительского рыболовства на оз. Байкал использованы геоданные, представленные в Правилах рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна [12].

С использованием фотографий туристов с геотегами и GRS треков туристских маршрутов уточнены данные территориального распределения подвидов ледового снежного туризма (рис. 1).

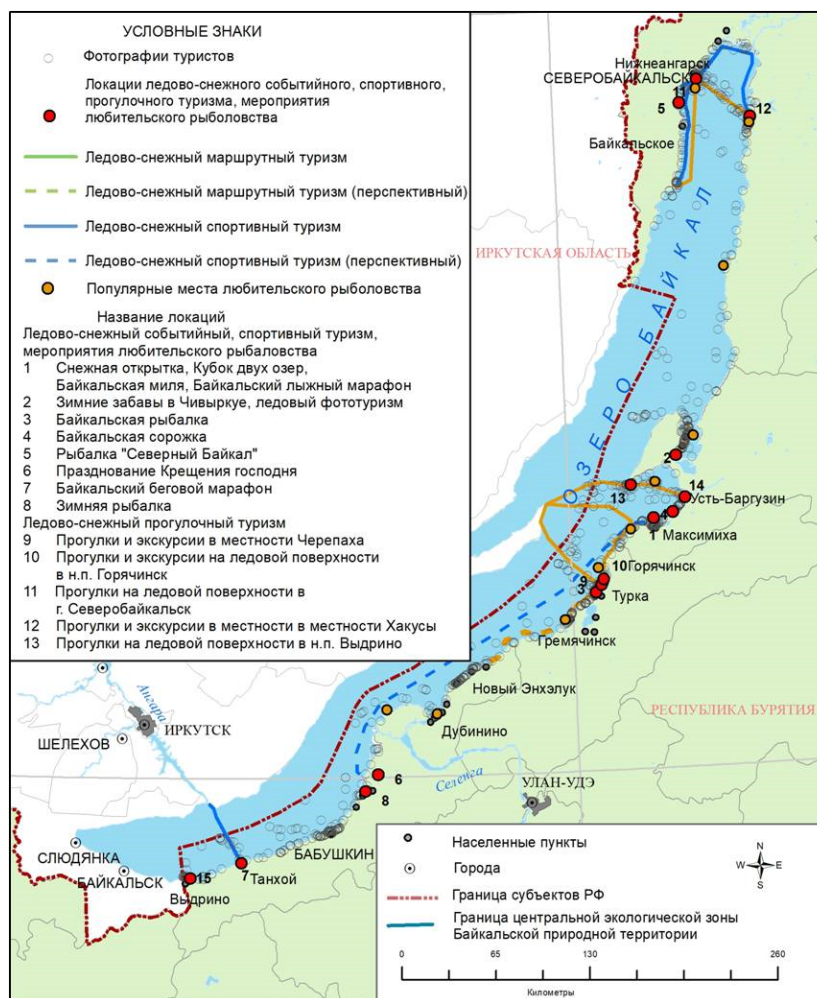


Рис. 1. Совмещенный анализ территориального распределения подвидов ледово-снежного туризма и фотографий туристов с геотегами

Природные ресурсы и условия развития туризма на ледовой поверхности оз. Байкал обуславливают особое значение исследования соблюдения мер безопасности туристами на ледовой поверхности. На рисунке 2 представлен пример ранжирования мест выхода на лед по фотоактивности туристов в Прибайкальском районе. На основе анализа фотографий туристов выявлено, что наибольшая фотоактивность туристов на ледовой поверхности оз. Байкал в Прибайкальском районе наблюдается в местности Черепаша и в с. Горячинск. Единичные выходы на лед распространены равномерно по всей береговой линии в пределах района (рис. 2).

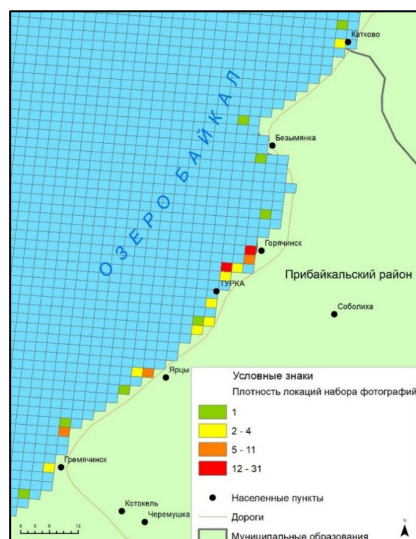


Рис. 2. Пример ранжирования мест выхода на лед по фотоактивности туристов в Прибайкальском районе

Полевые обследования береговой зоны оз. Байкал в новогодние выходные (январь 2025 г.) подтверждают, что некоторые участки ледовой поверхности в прибрежной части озера активно посещаются для прогулочного отдыха туристами, несмотря на запрет выхода на лед до полного ледостава (например, местность Черепаха, с. Горячинск) (рис.3).

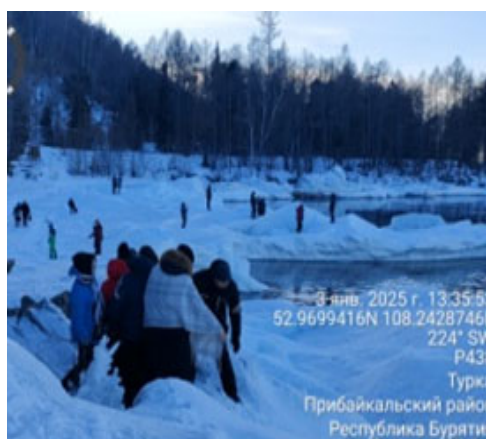


Рис. 3. Место выхода на ледовую поверхность в местности Черепаха в Прибайкальском районе

Разработка экологического обеспечения любого проекта включает в себя, в том числе анализ содержания туристического мероприятия [13]. В ходе полевых обследований были получены координаты размещения туристской и сопутствующей инфраструктуры, мест предоставления дополнительных туристских услуг на арендуемом участке ООО «Кумуткан» в с. Максимиха Баргузинского района. Здесь проходят такие мероприятия как фестиваль по созданию открытки на льду

«Снежная открытка», чемпионат по хоккею с мячом, Байкальский лыжный марафон, чемпионат по хоккею «Кубок двух озер», масленица [14]. На основе полученной базы данных объектов инфраструктуры туризма (векторных файлов (shp-file), реляционных таблиц атрибутов (dbf)) составлена карта использования участка (рис. 4).

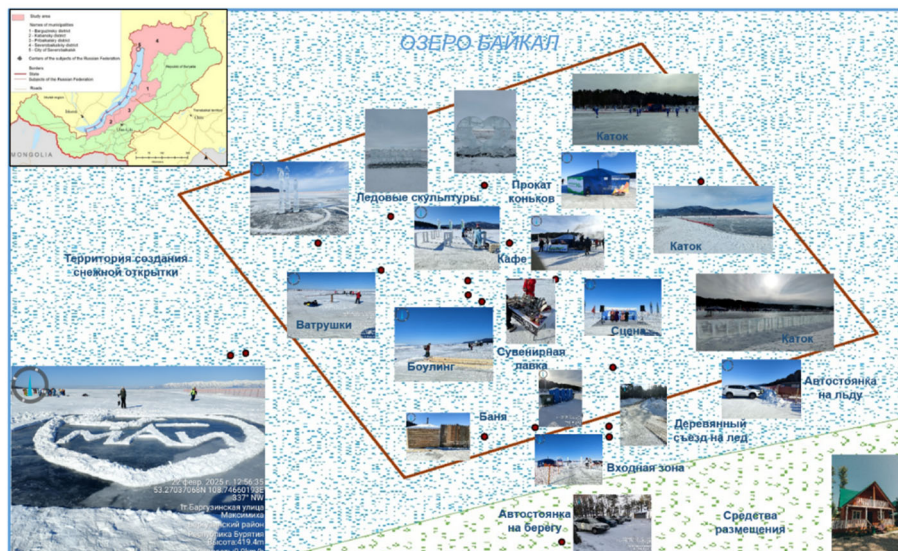


Рис.4. Пример карты использования участка ледовой поверхности оз. Байкал (ООО «Кумуткан» в с. Максимиха Баргузинского района)

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают важность совместного использования различных методов исследования территорий: аналитических материалов, результатов полевых экспедиций, «больших данных» и т.д. Выявлены преимущества «больших данных» при оценке и картографировании современного состояния и существующих проблем ледово-снежного туризма, при составлении карт ледово-снежных мероприятий на локальных участках. Использование «больших данных» предоставляет широкий ряд возможностей для оценки перспектив развития туризма на ледовой поверхности водных объектов. Так, основные направления дальнейших исследований в нашей работе связаны с использованием «больших данных» при оценке структуры туристского потока, сезонности по месяцам, различных видов туристских занятий на льду озера и перспективных туристских маршрутов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда, проект № 24-78-10059 «Ледово-снежный туризм на Байкале: сравнительная оценка ресурсного потенциала и антропогенного воздействия».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Озеро Байкал. Путеводитель. – М.: Изд-во «Наука», 1979. – 79 с.

2. Лут Б. Ф. Геоморфология дна Байкала и его берегов. – М.: Наука, 1964. – С. 5-123.
3. Shimaraev M. N., Verbolov V. I., Granin N. G. and Sherstyankin P. P. Physical limnology of Lake Baikal. – Irkutsk, Baikal International Center for Ecological Research, 1994. – 81 p.
4. Большие данные для улучшения политики, управления туризмом и устойчивого восстановления после COVID-19 [Электронный ресурс]. – URL: / <https://www.unwto.org/news/unwto-and-aid-partner-for-report-on-big-data-and-tourism-recovery>.
5. Яншин А. В. Большие данные в индустрии туризма // Успехи современной экономики. – 2023. – №3. – С. 76-83.
6. Сердюков С. Д. Применение технологии Big Data в индустрии туризма: критический анализ // Профессорский журнал. Серия: Рекреация и туризм. – 2022. – № 2(14). – С. 30-36. – DOI 10.18572/2686-858X-2022-14-2-30-36.
7. Каширина Е. С., Голубева Е. И., Новиков А. А. Использование GPS-треков для оценки рекреационной нагрузки на ООПТ // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2020. – Т. 2. – № 5. – С. 28-32.
8. Социальные медиа как инструмент анализа посещаемости туристических объектов (на примере Ставропольского края) // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2018. – № 3. – С. 89-95.
9. Ледово-снежный туризм: понятие, факторы развития и практические примеры // Общество: политика, экономика, право. – 2024. – № 12(137). – С. 110-118. – DOI 10.24158/per.2024.12.13.
10. Ледово-снежный туризм на Байкале: сравнительная оценка ресурсного потенциала и антропогенного воздействия: отчет о НИР (договор № 11-25-223 от 05.02.2025 г. (грант РФФИ 24-78-10059)). – Улан-Удэ, 2025. – 41 с.
11. Федерация экстремальных видов спорта Республики Бурятия [Электронный ресурс]. – URL: / <https://baikal-extreme03.ru>.
12. Об утверждении правил рыболовства для Байкальского рыбохозяйственного бассейна [Электронный ресурс]: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 24 апреля 2020 г. – № 226. – URL: / <https://base.garant.ru/74746430>.
13. Решняк В. И. Экологическое обеспечение водного туризма // Эксплуатация морского транспорта. – 2021. – № 1(98). – С. 68-73.
14. Парк-отель на берегу Байкала. [Электронный ресурс]. – URL: / <https://kumutkan.ru/?ysclid=maqjb68h4u224334681>.

© Д. Г. Будаева, З. С. Еремко, С. А. Петров, 2025

Н. С. Головачев¹✉, П. Ю. Бугаков¹

Особенности картографической визуализации четырёхмерных моделей местности

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: tel1386@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена методам визуализации пространственно-временных данных в четырёхмерных (4D) картографических моделях, где помимо трех пространственных координат (X, Y, Z) учитывается временная составляющая (T). Рассматриваются ключевые подходы к представлению динамических процессов, включая темпоральные срезы, анимацию, сценарное моделирование и цифровые двойники. Особое внимание уделяется проблемам выбора частоты дискретизации временных данных, влияющей на детализацию и информативность визуализации процессов. Отдельно рассматриваются способы отображения временного аспекта, включая цветовое кодирование, изохроны, а также их комбинирование. В статье также отмечается проблема сложности восприятия 4D-визуализаций, связанная с когнитивной нагрузкой и возможным искажением временных масштабов. Подчеркивается важность комбинирования различных методов визуализации четырёхмерных моделей местности, разработки интерактивных инструментов навигации и применения специальных приемов для снижения когнитивной нагрузки на пользователя.

Ключевые слова: 4D картография, временная динамика, визуализация данных, цифровые двойники, пространственно-временной анализ

N. S. Golovachev¹✉, P. Yu. Bugakov¹

Features of cartographic visualization of four-dimensional terrain models

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: tel1386@mail.ru

Abstract. The article is devoted to methods of visualizing spatiotemporal data in four-dimensional (4D) cartographic models, where, in addition to the three spatial coordinates (X, Y, Z), the time component (T) is taken into account. Key approaches to the representation of dynamic processes are considered, including temporal slices, animation, scenario modeling and digital doubles. Special attention is paid to the problems of choosing the sampling frequency of time data, which affects the detail and information content of the visualization of processes. The methods of displaying the time aspect, including color coding, isochrons, and their combination, are considered separately. The article also highlights the problem of the complexity of perception of 4D visualizations related to cognitive load and possible distortion of time scales. The importance of combining various visualization methods of four-dimensional terrain models, the development of interactive navigation tools and the use of special techniques to reduce the cognitive load on the user is emphasized.

Keywords: 4D cartography, temporal dynamics, data visualization, digital twins, spatiotemporal analysis

Введение

Для картографической продукции важную роль играют такие характеристики, как понятность и наглядность представленных данных. С учетом особенностей человеческого восприятия пространства традиционные плоские (2D) карты эволюционировали в трехмерные (3D) картографические модели, позволяющие более полно и реалистично воспроизводить окружающее пространство.

В четырехмерных (4D) моделях местности кроме пространственных координат (X, Y, Z) добавляется четвертая координата – время (T), отражающая эволюцию картографируемого объекта и процессы, протекающие в нем [1]. Простейшим примером четырехмерной модели местности является последовательность карт одного и того же участка города, отображающая его состояние в разные годы. Потребность в таких моделях обосновывается тем, что многие географические процессы и объекты являются динамичными. Города растут, климат меняется, происходят природные и антропогенные изменения. Статичные карты позволяют лишь ограниченно и с большими интервалами отследить развитие этих процессов и не позволяют произвести симуляцию изменений.

Визуализация 4D-моделей играет важную роль для решения целого ряда задач. Во-первых, она может помочь анализировать тренды и динамику, например, увидеть, как год за годом меняется плотность населения региона или как распространяется урбанизация на новых территориях. Во-вторых, она может служить для наглядного мониторинга временных рядов данных, например, изменения уровня грунтовых вод по сезонам, позволит выявлять аномалии и прогнозировать будущие изменения. В-третьих, 4D-визуализация подходит для исторических реконструкций, воспроизведения событий прошлого на карте с течением времени, а также сценарного планирования – просмотр различных сценариев развития территории в будущем. Наконец, такой подход облегчает восприятие сложной пространственно-временной информации об окружающем нас пространстве.

Классификация подходов к визуализации пространственно-временных данных

Визуализация пространственно-временных данных может осуществляться с использованием различных подходов, в качестве основных можно выделить срезы по времени, анимацию, сценарии и цифровые двойники.

Срезы по времени или темпоральные срезы предполагают представление 4D-данных в виде набора отдельных статичных карт или моделей, каждая из которых соответствует определенному моменту времени. Проще говоря, делается «срез» по временной оси, например, карта состояния местности на 2000 г., 2010 г., 2020 г. и т. д. Сопоставляя такие карты-срезы, можно проследить за изменениями, происходящими на определенной территории [2]. Преимущество подхода в том, что каждая карта сохраняет полные детали пространства для заданного времени, и пользователь может внимательно изучить любой отдельный момент. Кроме того, статичные карты-срезы могут быть легко напечатаны. Од-

нако при работе с множеством срезов пользователь вынужден запоминать или держать перед глазами несколько карт одновременно, что затрудняет восприятие непрерывных процессов [3].

Важным аспектом создания и использования временных срезов в 4D-картографии является выбор оптимальной частоты дискретизации временных данных. Подобно тому, как в компьютерной технике запись звука осуществляется с заданной частотой дискретизации (чем ниже частота, тем меньше данных фиксируется и ниже качество воспроизведения сигнала, и наоборот), при визуализации пространственно-временных данных приходится находить баланс между временной детализацией процессов и объемом информации [4].

Если выбрать слишком высокую частоту дискретизации (например, создавать карты-срезы каждый день или даже час), это позволит максимально подробно отразить все изменения. Однако в результате возрастает количество данных, увеличивается нагрузка на системы хранения и обработки информации, а пользователю становится сложнее воспринять общую тенденцию, поскольку детализация может скрыть значимые долгосрочные тренды под слоем краткосрочных изменений. Кроме того, слишком мелкие временные интервалы могут генерировать избыточные данные, которые практически не добавляют информативности, а лишь усложняют интерпретацию. С другой стороны, слишком низкая частота дискретизации, например, создание карт-срезов с интервалом в 5 или 10 лет, значительно сокращает количество данных и упрощает восприятие общих трендов и изменений на макроуровне (рис. 1). Однако это может привести к потере важных кратковременных событий или аномалий, которые могут иметь существенное значение для анализа.

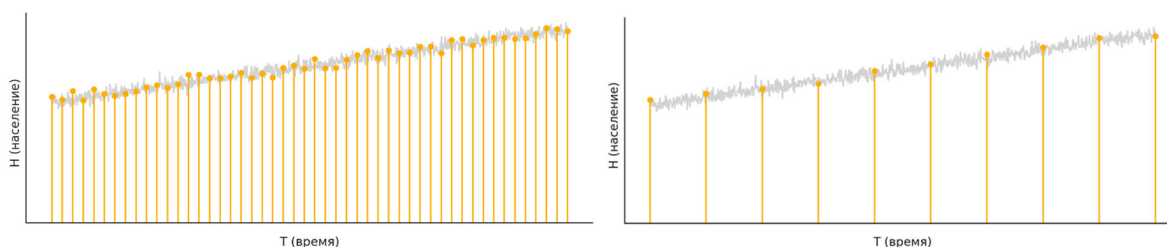


Рис. 1. Пример высокой и низкой частоты дискретизации процесса изменения численности населения

Выбор частоты дискретизации временных срезов должен основываться на характере изучаемого процесса и задачах анализа. Для медленно развивающихся процессов, например, роста города, изменения рельефа, уместны крупные интервалы времени (годы, десятилетия). Для динамичных процессов, таких как транспортные потоки, погодные условия, эпидемиологические ситуации, целесообразно использовать меньшие интервалы (часы, дни, недели). Правильный выбор частоты дискретизации обеспечит баланс между объемом данных и их информативностью.

Анимационный подход отображает изменения во времени в одном и том же окне карты за счет последовательной смены кадров или непрерывного изменения символов. Здесь время выступает как четвертое измерение, отображаемое подобно фильму [5]. Классический пример – воспроизведение на карте маршрута движения или анимация изменения области осадков в сервисе Яндекс «Погода» (рис. 2).

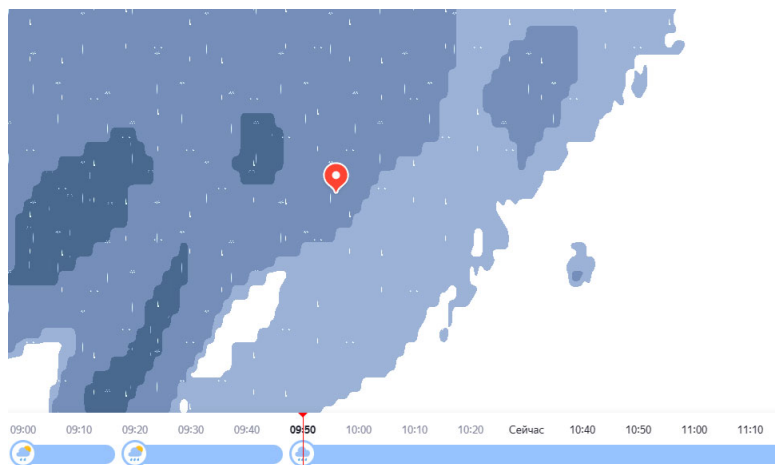


Рис. 2. Пример отображения осадков с анимацией по времени

Анимации можно разделить на автоматические, где все элементы проигрываются с заданной скоростью и интерактивные, где пользователь может управлять временем с помощью ползунка или кнопок «вперед/назад». Преимущество анимации – целостное восприятие динамики, она хорошо передает непрерывность процесса, темпы изменений, последовательность событий. Динамическая карта часто более наглядна, но у нее есть недостатки. Если происходит одновременное изменение множества объектов, то возникает информационная перегрузка – наблюдателю трудно уследить за всеми изменениями на карте. Кроме того, слишком быстрый или медленный темп анимации может исказить восприятие реального времени, а просмотр анимации затрудняет детальное сравнение произвольных, не следующих друг за другом моментов, в отличие от разложенных рядом статичных срезов.

Визуализация сценариев – это подход, при котором 4D-модель используется для демонстрации нескольких альтернативных развития событий. В отличие от простого отображения фактических данных во времени, сценарный подход подразумевает моделирование «что, если». Например, можно смоделировать рост населения по двум сценариям: при текущих темпах и при демографическом взрыве, и представить две разные четырехмерные карты развития городской застройки на последующее десятилетие. С технической стороны, работа со сценариями добавляет еще одно измерение к визуализации – фактически, помимо оси времени, появляется ось вариантов (ветвлений) развития. Это усложняет подачу информации, поэтому ключевым моментом является обеспечение ясности в раз-

личении сценариев, например, при помощи разных цветов, меток или отдельных окон для каждого сценария.

Отдельно стоит выделить цифровые двойники, они относятся к детализированным цифровым моделям отдельных, реально существующих объектов или целых территории, которые обновляются в реальном времени и воспроизводят поведение оригинала [6]. В контексте 4D-визуализации виртуальные двойники предоставляют интерактивную трехмерную среду, в которой время либо синхронизировано с реальным (отображая актуальное состояние объекта), либо может ускоряться/замедляться для анализа процессов. Например, «умный город» подразумевает наличие цифрового двойника, где визуализируются здания, дороги, иная инфраструктура с учетом данных, которые поступают с датчиков, фиксирующих объем трафика, освещенность, потребление энергии и других параметров реальных объектов в режиме, близком к реальному времени. Другой пример – строительный проект, в рамках которого создается 3D-модель здания и добавляется ось времени для воспроизведения процесса строительства. Такой подход уже успешно реализован в BIM-технологиях (рис. 3).

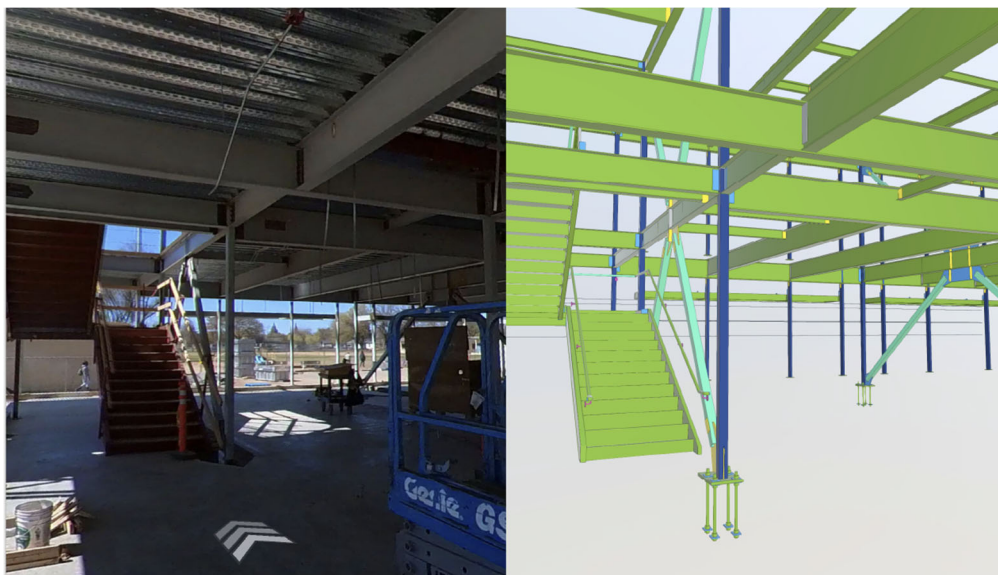


Рис. 3. Пример работы цифрового двойника здания при строительстве

Способы визуализации временного аспекта

Одним из основных приемов визуализации временного аспекта на четырехмерных картах является применение цвета. В статичном изображении это может выглядеть как окраска объектов или траекторий по градиенту, показывающему изменение времени. На данный момент такой способ актуален для отображения возраста зданий в городской застройке (рис. 4).

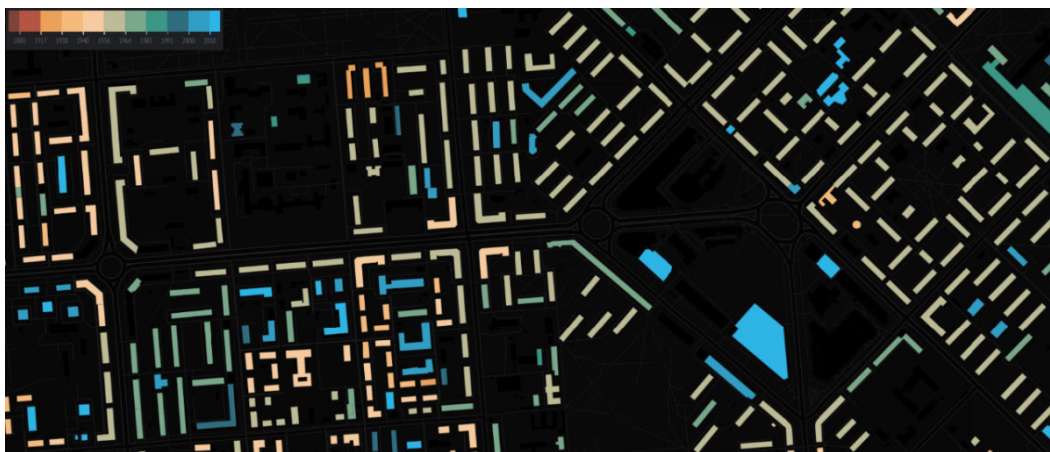


Рис. 4. Пример окраски зданий по времени появления

Метод удобен тем, что добавляет дополнительный визуальный признак, не перегружая саму карту избыточными графическими элементами. Однако его эффективное использование требует учета восприятия цвета человеком, пользователи должны легко различать оттенки и понимать хронологию, для чего зачастую применяют пошаговые легенды или интерактивные подсказки [7, 8].

Второй способ заключается в использовании изохрон – линий равных значений времени. На изохронных картах линии соединяют точки, достижимые за одинаковое время от заданного центра, например, изохроны транспортной доступности показывают, как далеко можно уехать за 1 час, 2 часа и т. д. В более общем смысле, изолинии могут отображать границы распространения явления по времени. Такие изолинии на статичной карте дадут представление о динамике, по их концентрическим формам и расстояниям между ними можно судить о скорости и направлении распространения процесса. Изолинии во времени эффективны для плавных, непрерывных процессов и помогают выявить пространственно-временные градиенты направления наиболее быстрого развития явления.

Перечисленные методы не являются взаимоисключающими, напротив, в современных системах визуализации 4D-данных можно комбинировать несколько способов.

Проблемы восприятия пространственно-временной информации

Основной проблемой отображения 4D информации можно считать сжатие длительных процессов до короткой анимации или растяжение быстрого изменения для более глубокого анализа протекающих процессов. Подобные изменения могут вызвать риск неверного восприятия скорости и масштаба времени.

Попытка показать слишком много, например, длительную анимацию с множеством одновременно движущихся объектов, либо статичную карту, на которой наложены несколько десятков траекторий движения, может привести к тому, что пользователь потеряется в деталях. Четвертое измерение существенно увеличивает объем воспринимаемых данных, помимо положения объектов, их

свойств, нужно отслеживать еще и их изменения. Без должного подбора данных и способов их визуализации четырехмерная карта может стать трудночитаемой.

Когнитивные ограничения и память человека тоже могут стать препятствием, даже если информация на 4D-визуализации не кажется зрительно перегруженной, существует проблема удержания изменений в памяти. При просмотре анимации человек должен помнить, как выглядела карта несколькими шагами ранее, чтобы сравнить и понять разницу. Когнитивная нагрузка возрастает по мере усложнения данных. Для решения данной проблемы необходима разработка новых картографических методов визуализации, учитывающих человеческие особенности восприятия и осмысления пространственно-временной информации.

Заключение

Четырехмерная картографическая визуализация, интегрирующая пространственные и временные данные, открывает новые возможности для анализа динамических процессов, трансформируя традиционные подходы к работе с геоинформацией.

Ключевые методы, такие как темпоральные срезы, анимация, сценарное моделирование и цифровые двойники, демонстрируют разнообразие подходов к представлению пространственно-временных данных.

Несмотря на потенциал, 4D-визуализация сталкивается с проблемами восприятия информации. К ним относятся когнитивная перегрузка при одновременном отслеживании множества динамических элементов, искажение временных масштабов в анимациях и сложности сравнения разрозненных моментов времени. Для минимизации этих проблем необходимы:

- оптимизация дискретизации данных с учетом целей анализа;
- интерактивные инструменты фильтрации временных данных;
- комбинация методов отображения;
- визуальная иерархия, акцентирующая внимание на ключевых изменениях в изучаемом процессе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сущность и тенденции развития многомерной картографии / П. Ю. Бугаков, С. Ю. Кацко, Т. Ю. Бугакова, Н. С. Головачев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 12(150).
2. Колесников А.А. Методические основы создания картографических анимаций с применением современных технологий геоинформационного картографирования / А.А. Колесников // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Международные научный конгресс: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. — Новосибирск : СГГА, 2012. — Т. 2. — С. 89–92.
3. Лисицкий Д.В. Методика подготовки картографических материалов для использования в мультимедийных приложениях, ориентированных на отображение динамики исторических событий / Д.В. Лисицкий, М.Н. Колоткин, Е.В. Комиссарова [и др.] // ГЕО-Сибирь-2011. VII Международный научный конгресс: сб. материалов в 6 т. - Новосибирск: СГГА, 2011. - Т. 1, ч. 1. - С. 37-40.

4. Boyandin I., Bertini E., Lalanne D. A Qualitative Study on the Exploration of Temporal Changes in Flow Maps with Animation and Small-Multiples // Computer Graphics Forum. – 2012. – Vol. 31, № 3. – P. 1005–1014.
5. Лисицкий Д.В. Мультимедийное направление в картографии / Д.В. Лисицкий, А.А. Колесников, Е.В. Комиссарова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2014. - № 3. - С. 41-46.
6. Kitchin R., Dawkins O. Digital twins and deep maps // Transactions of the Institute of British Geographers. – 2024.
7. Resch B., Wohlfahrt R., Wosniok C. Web-based 4D Visualization of Marine Geo-Data Using WebGL // Cartography and Geographic Information Science. – 2014. – Vol. 41, № 3. – P. 236–249.
8. Resch B., Hillen F., Reimer A., Spitzer W. Towards 4D Cartography – Four-Dimensional Dynamic Maps for Understanding Spatio-Temporal Correlations in Lightning Events // The Cartographic Journal. – 2013. – Vol. 50, № 3. – P. 266–275.

© Н. С. Головачев, П. Ю. Бугаков, 2025

Динь Конг Дай^{1✉}, С. А. Крылов¹

Изучение и анализ исходных данных для создания цифровых картографических основ мультимасштабной карты Социалистической Республики Вьетнам

¹Московский государственный университет геодезии и картографии,
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: dinhdai1199@gmail.com

Аннотация. Оценивается изображение населенных пунктов, гидрографической и дорожной сети на картографических материалах, предлагаемых для создания цифровых картографических основ мультимасштабной карты Социалистической Республики Вьетнам. Рассмотрены цифровые картографические мультимасштабные проекты OpenStreetMap и VietGIS, а также изданные мелкомасштабные карты. Проведено сравнение метрического описания данных OpenStreetMap и VietGIS, определены их достоинства и недостатки, выявлены различия, особенно в отношении полноты и непрерывности линейных объектов. Для количественной оценки исходных материалов определены суммарная длина рек и дорог, количество населенных пунктов, суммарная площадь изображения речной и дорожной сети, коэффициенты густоты и графической нагрузки объектов. Сделаны выводы о возможности и перспективах использования рассмотренных картографических материалов в мультимасштабном картографировании Социалистической Республики Вьетнам.

Ключевые слова: мультимасштабная карта, цифровая картографическая основа, густота объектов, графическая нагрузка объектов, Социалистическая Республика Вьетнам

Dinh Cong Dai^{1✉}, S. A. Krylov¹

Exploration and analysis of initial data for the creation of digital cartographic bases of a multi-scale map of the Socialist Republic of Vietnam

¹Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation
e-mail: dinhdai1199@gmail.com

Abstract. An assessment is made of the representation of settlements, hydrographic, and road networks on cartographic materials proposed for creating digital cartographic bases of a multi-scale map of the Socialist Republic of Vietnam. The digital multi-scale cartographic projects OpenStreetMap and VietGIS, as well as published small-scale maps, are considered. A comparison is conducted of the metric descriptions of data from OpenStreetMap and VietGIS, identifying their advantages and disadvantages, and highlighting differences, especially regarding the completeness and continuity of linear features. To quantitatively assess the source materials, the total length of rivers and roads, the number of settlements, the total area of river and road network representations, as well as density and graphical load coefficients of the features, are determined. Conclusions are drawn regarding the feasibility and prospects of using the considered cartographic materials in multi-scale mapping of the Socialist Republic of Vietnam.

Keywords: multiscale map, digital cartographic base, object density, graphical load of objects, Socialist Republic of Vietnam

Введение

Современные задачи геоинформационного картографирования требуют высокой точности и информативности исходных картографических данных. Одним из ключевых этапов подготовки данных является их предварительный анализ, позволяющий оценить степень детализации элементов содержания на карте. Настоящее исследование направлено на изучение качества и количественную оценку изображения гидрографической сети, населенных пунктов и дорожной сети на картографических материалах на территорию Социалистической Республики Вьетнам, которые могут быть использованы при формировании картографической базы данных, применяемой для создания географических основ мультимасштабной карты. В первую очередь, необходимо определить густоту картографических объектов, определяемой количеством (длиной) объектов на определенную площадь карты (мм^2 , см^2 , дм^2). Также, для каждого исследуемого элемента содержания следует оценить графическую нагрузку, под которой понимается площадь изображения условных обозначений объектов. Примеры вычисления указанных количественных показателей рассмотрены в работах [1–5]. Кроме того, для используемых в качестве исходных картографических материалов векторных данных помимо количественных показателей важно учитывать метрическое и семантическое описание объектов.

Методы и материалы

Исследование опирается на разработки в области камерального геоинформационного картографирования и автоматизированного создания мелкомасштабных карт, проводимые на кафедре картографии МИИГАиК [6, 7].

Для изучения и анализа изображения объектов географической основы используются как картографические продукты в цифровом виде, так и аналоговые карты. Среди цифровых картографических материалов выбраны открытые данные OpenStreetMap [8] и коммерческие данные VietGIS [9]. Особенность этих проектов состоит в том, что они представляют собой мультимасштабную карту, то есть единую электронную карту переменной детализации [10, 11]. Следует отметить, что в рассмотренных проектах отбор объектов на разных масштабных уровнях происходит без учета согласования с другими элементами содержания. Поэтому для анализа содержания мелкомасштабных карт были выбраны изданные карты, получившие хорошую оценку специалистов: справочная карта «Вьетнам» масштаба 1:2 000 000 [12] и карта «Мьянма, Таиланд, Вьетнам, Лаос, Камбоджа» масштаба 1:9 000 000 в географическом атласе Мира [13]. Причем последняя карта помещена также в Атлас Офицера [14].

В работе использовались методы статистического анализа и геоинформационного картографирования, а также современное программное обеспечение (геоинформационные системы ArcGIS, QGIS и Mapinfo Pro). Для перевода аналоговых карт в цифровую форму применялись методы геопривязки растровых изоб-

ражений и инструменты векторизации объектов карты. Расчет густоты и графической нагрузки объектов карты выполнялся с помощью картометрических функций в геоинформационных системах.

Результаты и обсуждение

На начальном этапе исследования проведено сравнение метрического описания данных OpenStreetMap и VietGIS, определены их достоинства и недостатки, выявлены различия, особенно в отношении полноты и непрерывности линейных объектов. Так, данные OpenStreetMap, несмотря на то что они были загружены в 2025 г., оказались менее полными по сравнению с данными VietGIS 2018 г. Это особенно заметно при анализе гидрографической и дорожной сети: некоторые речные объекты в OSM представлены как разрозненные отрезки, неполные данные о железных дорогах, что нарушает их топологическую целостность и может затруднить пространственный анализ. Кроме того, довольно часто в OpenStreetMap происходит разделение единого объекта на множество участков. Другими словами, несколько отрезков, описывающих один и тот же объект, сохраняются как отдельные элементы. Такая избыточность может привести к увеличению количества записей при экспорте данных и требует дополнительной обработки (например, агрегирования или обобщения) для корректного анализа и визуализации. Также проводилось сравнение классификации элементов содержания в проектах OpenStreetMap и VietGIS, анализировалось семантическое описание указанных элементов. Результаты авторского анализа семантической информации об объектах в OpenStreetMap представлены в работе [15].

Далее, для анализа густоты и графической нагрузки элементов географической основы на каждом картографическом материале с помощью пространственных запросов были определены суммарная длина рек и дорог, количество населенных пунктов, суммарная площадь изображения рек и дорог. Результаты вычисления густоты населенных пунктов ($G_{\text{нп}}$) и коэффициентов густоты рек и дорог (K_G) на территорию Социалистической Республики Вьетнама в изучаемых источниках данных представлены в таблице 1.

Для определения различий в густоте картографических объектов мультимасштабных карт OpenStreetMap и VietGIS были также проведены расчеты для восьми провинций Вьетнама на масштабные уровни, сформированные по принципу двукратного уменьшения (1:100 000, 1:200 000, 1:400 000, 1:800 000 и т.п.). Наибольшие коэффициенты густоты объектов наблюдаются в Дельте Красной реки и Дельте Меконга, что объясняется высокой плотностью населения, разветвленной транспортной сетью и развитой аграрной структурой. В противоположность этим регионам, Северо-Западный регион и плато Тэйнгуен демонстрируют минимальные значения коэффициентов густоты объектов. Это связано с горным рельефом, труднодоступностью и сравнительно низкой плотностью населения.

Таблица 1

Расчет коэффициентов густоты картографических объектов на территорию
Социалистической Республики Вьетнам

Источники	Речная сеть		Населенные пункты		Дорожная сеть	
	ΣL , км	K_G , мм/мм ²	$\Sigma НП$	$\frac{G_{НП}}{\Sigma НП/дм^2}$	ΣL , км	K_G , мм/мм ²
Карта «Мьянма, Таиланд, Вьетнам, Лаос, Камбоджа», 1:9 000 000 [13]	10359,95	0,281	84	205	9462,14	0,257
Карта «Вьетнам», 1:2 000 000 [12]	22666,88	0,137	900	109	15499,43	0,093
OpenStreetMap, 1:100 000 [8]	66605,50	0,020	12358	4	122603,08	0,040
Цифровая картографическая основа VietGIS, 1:100 000 [9]	102249,90	0,031	9565	3	82802,6	0,025

Вычисление площади изображения рек и дорог происходит как произведение длины объектов (ΣL) и толщины условных знаков (T). Для рек средняя толщина T на всех источниках принята равной 0,2 мм. Толщина дорог на каждом картографическом материале разная в зависимости от категории дороги. Коэффициент графической нагрузки рассчитывается как отношение площади изображения линейных объектов к площади территории. Результаты вычисления коэффициентов графической нагрузки (K_n) рек и дорог на разных источниках представлены в таблице 2. В дальнейших исследованиях будет проведен расчет графической нагрузки населенных пунктов.

Таблица 2

Расчет коэффициентов графической нагрузки речной и дорожной сети на
территорию Социалистической Республики Вьетнам

Источники	Гидрография		Пути сообщения	
	K_N (мм ² / мм ²)	K_N (%)	K_N (мм ² / мм ²)	K_N (%)
Карта «Мьянма, Таиланд, Вьетнам, Лаос, Камбоджа», 1:9 000 000 [13]	0,056	5,6	0,038	3,8
Карта «Вьетнам», 1:2 000 000 [12]	0,033	3,3	0,018	1,8
OpenStreetMap, 1:100 000 [8]	0,025	2,5	0,025	2,5
Цифровая картографическая основа VietGIS, 1:100 000 [9]	0,022	2,2	0,015	1,5

На основе изучения источников можно сделать следующие выводы об их использовании при создании цифровых картографических основ мультимасштабной карты Вьетнама:

- в качестве базовых масштабов картографической базы данных Вьетнама следует взять масштабы 1:100 000, 1:2 000 000 и 1:9 000 000, соответствующие масштабам рассмотренных источников;

- для формирования базы данных масштаба 1:100 000 информацией о границах и населенных пунктах предлагается использовать данные OpenStreetMap, так как они являются более подробными и детальными по сравнению с цифровой картографической основой VietGIS 2018 г.;

- для формирования картографической базы данных масштаба 1:100 000 информацией о гидрографической и дорожной сети целесообразно использовать VietGIS 2018 года, так как данные в отличие от OpenStreetMap характеризуются большей структурной согласованностью: гидрографические и дорожные сети представлены в непрерывном виде, а объекты классифицированы более последовательно;

- существующие классификации населенных пунктов, рек и дорог в OpenStreetMap и VietGIS недостаточно точно идентифицируют объекты с разных позиций, поэтому необходимо разработать свою систему классификации и кодирования объектов на территорию Вьетнама;

- вычисленные коэффициенты густоты объектов на изданных мелкомасштабных картах целесообразно использовать для расчета порогов отбора рек, дорог и населенных пунктов на масштабных уровнях мельче 1:2 000 000 мультимасштабной карты.

Заключение

Проведенные исследования показали возможность использования рассмотренных картографических материалов, представленных в цифровом и аналоговом виде, в картографировании Вьетнама. Сформированная на основе указанных источников картографическая база данных будет использоваться при создании географических основ в общегеографическом и тематическом картографировании, в том числе и в мультимасштабном. В дальнейшем работа будет продолжена по разработке методики автоматизированного отбора объектов при создании производных цифровых картографических основ мультимасштабной карты Социалистической Республики Вьетнам.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания FSFE-2023-0005 Минобрнауки России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буковский М. Е., Чернова М. А., Мачкасова В. В. Расчет параметра "густота речной сети" в бассейнах рек Битюг и Савала // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2016. – № 4(62). – С. 34–37.

2. Волкова Н. В., Свистельник Н.В. Дорожная сеть Алтайского края: оценка состояния, влияние на социально-экономическое развитие // Мир экономики и управления. – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 101–120.
3. Дмитриева В. А., Нестеров Ю. А., Зайцев В. В. Гидрография Воронежской области и ее характерные черты // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2008. – № 2. – С. 106–111.
4. Метус В. Р., Лымарева О. А. Оценка развитости дорожной инфраструктуры Краснодарского края // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2021. – № 12-2(82). – С. 106–109.
5. Чаусов Н. Ю., С. В. Верхоламочкин Развитие дорожной сети в регионе как показатель качества жизни его населения // Russian Economic Bulletin. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 168–173.
6. Иванов А. Г. Разработка методов и технологий автоматизации процессов комплексного проектирования и использования мелкомасштабных карт: дис. ... д-р техн. наук: 25.00.33. М. 2003, 339 с.
7. Крылов С.А., Загребин Г.И., Котова О.И., Карюкина Е.И., Мосолов Д.А., Правский Е.В., Фещенко А.П. Автоматизация процессов проектирования мультимасштабных карт: концептуальные основы и решения // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2023. – Т. 67. – № 6. – С. 6–20.
8. OpenStreetMap [Электронный ресурс]: - URL: <https://www.openstreetmap.org> (Дата обращения: 10.05.2025)
9. VietGIS [Электронный ресурс]: - URL: <https://vietgis.com.vn/> (Дата обращения: 10.05.2025)
10. Самсонов Т.Е. Мультимасштабное картографирование – новое направление картографии / Под ред. И.К. Лурье и В.И. Кравцовой // Современная географическая картография. – М.: Дата+, – 2012. – С. 21–35
11. Самсонов Т. Мультимасштабное картографирование рельефа. Общегеографические и гипсометрические карты. – Saarbrucken : LAP LAMBERT, 2011. – 216 с.
12. Вьетнам. Общегеографическая карта. 1 : 2 000 000. – М.: ФГУП Производственное картосоставительское объединение «Картография», 2002
13. Географический Атлас Мира. – М.: Красная Звезда, 2024. – 484 с.
14. Атлас Офицера России. – М.: Красная Звезда, 2021. – 304 с.
15. Динь Конг Дай, Крылов С. А. Подходы к формированию картографической базы данных на территорию Социалистической Республики Вьетнам // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2024. – Т. 1. – С. 202–207.

© Динь Конг Дай, С. А. Крылов, 2025

В. А. Зуев^{1✉}, П. Ю. Бугаков¹

Применение мультимодальных нейронных сетей для автоматизации оценки визуальной информативности трехмерных карт городских территорий

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: veuzdalv638@gmail.com

Аннотация. В статье исследуется возможность автоматизации оценки визуальной информативности трехмерных карт городских территорий с использованием мультимодальных нейронных сетей. Для проведения эксперимента были использованы три трехмерные карты городских территорий с разной плотностью застройки и рельефом. Для оценки визуальной информативности трехмерных карт был предложен набор из 14 параметров, включающий в себя количество видимых объектов, цветовой контраст, детализация объектов, размер условных знаков и др. Определение значений каждого из параметров выполнялось с использованием мультимодальных нейронных сетей Eagle 2, Qwen 2.5, Llama 4, ChatGPT 4o, Gemma 3. Полученные значения были использованы для расчета комплексных показателей визуальной информативности анализируемых трехмерных карт. Точность оценки визуальной информативности трехмерных карт мультимодальными нейронными сетями определялась путем вычисления отклонения расчетных показателей от контрольных значений, полученных путем экспертной оценки. Результаты исследования демонстрируют потенциал мультимодальных нейронных сетей для автоматизации оценки визуальной информативности трехмерных карт, а также выявляют особенности применения различных моделей для решения данной задачи.

Ключевые слова: мультимодальные нейронные сети, трехмерные карты, визуальная информативность, автоматизированная оценка, городская среда

V. A. Zuev^{1✉}, P. Y. Bugakov¹

Application of multimodal neural networks for automation of visual informativeness assessment of three-dimensional maps of urban areas

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: veuzdalv638@gmail.com

Abstract. The article explores the possibility of automating the assessment of the visual informativeness of three-dimensional maps of urban areas using multimodal neural networks. To conduct the experiment, three three-dimensional maps of urban areas with different building densities and terrain were used. To assess the visual informativeness of three-dimensional maps, a set of 14 parameters was proposed, including the number of visible objects, color contrast, object detail, the size of conventional signs, etc. The values of each parameter were determined using multimodal neural networks Eagle 2, Qwen 2.5, Llama 4, ChatGPT 4o, Gemma 3. The obtained values were used to calculate complex indicators of the visual informativeness of the analyzed three-dimensional maps. The accuracy of the assessment of the visual information content of three-dimensional maps by multimodal neural networks was determined by calculating the deviation of the calculated indicators from the control values obtained by expert evaluation. The results of the study demonstrate the potential of

multimodal neural networks for automating the assessment of the visual information content of three-dimensional maps, as well as identify the features of using various models to solve this problem.

Keywords: multimodal neural networks, three-dimensional maps, visual informativeness, automated assessment, urban environment

Введение

Современные технологии машинного зрения и искусственного интеллекта открывают новые возможности для автоматизации анализа сложных визуальных объектов, к которым можно отнести трехмерные карты городских территорий. На сегодняшний день трехмерные карты нашли широкое применение в различных областях деятельности человека, таких как: городское планирование, навигация, туризм, управление инфраструктурой [1]. Эффективность использования трехмерных карт напрямую зависит от их визуальной информативности, которая определяется как отношение количества воспринимаемой человеком визуальной информации о геопространстве к общему количеству информации, заложенной в карте ее составителем [4].

Традиционные методы оценки визуальной информативности трехмерных карт являются трудоемкими, субъективными и требуют экспертных знаний. Автоматизация этого процесса с использованием мультимодальных нейронных сетей (ММНС), может значительно повысить эффективность и объективность оценки.

Целью данного исследования является оценка возможности применения ММНС для автоматизированной оценки визуальной информативности трехмерных карт городских территорий. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- определить ключевые параметры, характеризующие визуальную информативность трехмерных карт;
- разработать план эксперимента по оценке визуальной информативности трехмерных карт с использованием ММНС;
- выполнить сравнительный анализ результатов, полученных с использованием различных ММНС.

Мультимодальные нейронные сети

Мультимодальные нейронные сети (ММНС) – это класс нейронных сетей, способных одновременно обрабатывать и интегрировать данные различных типов (модальностей), таких как текст, изображения, звук и числовые параметры [2]. В отличие от традиционных нейронных сетей, которые работают с данными одного типа, ММНС позволяют учитывать взаимосвязи между различными модальностями. Мультимодальные нейронные сети делятся по типу слияния модальностей, существуют модели с ранним слиянием (early fusion), поздним слиянием (late fusion), а также с гибридным слиянием (hibrid fusion) [3]. Модели с ранним слиянием показывают высокую эффективность в малых нейронных сетях, с поздним слиянием показывают наилучший результат в больших.

В последнее время наблюдается значительный прогресс в области ММНС, что привело к появлению новых моделей с открытым и закрытым исходным кодом. Примерами таких моделей являются Gemma 3, ChatGPT-4o, Llama 4 и др. Однако применение этих моделей для оценки визуальной информативности трехмерных карт требует адаптации и оценки их эффективности в контексте данной задачи.

Методы и материалы

В качестве данных для исследования были использованы три трехмерные карты городских территорий. В основе карт лежат модели различных городских районов с разной плотностью застройки и рельефом. Характеристики карт приведены в табл. 1, трехмерные карты представлены на рис.1–3.

Таблица 1

Характеристики карт

Карта №	Детализация (LOD)	Тематика	Площадь (км ²)
1	LOD1	Жилой район	1
2	LOD2	Набережная	7
3	LOD3	Центр города	2

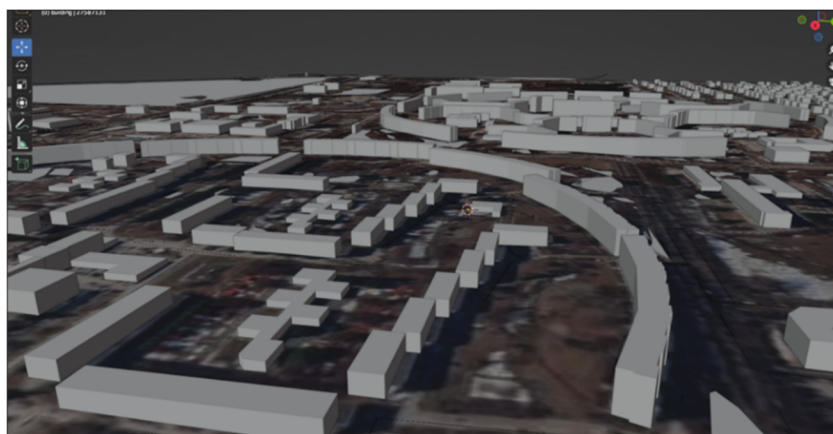


Рис. 1. Карта №1 – рабочий поселок Краснообск



Рис. 2. Карта №2 – город Хабаровск



Рис. 3. Карта №3 – город Манчестер

Для оценки визуальной информативности трехмерных карт были выбраны следующие параметры [4]:

- количество видимых объектов – целочисленный параметр;
- цветовой контраст (коэффициент 1–21) – соответствие стандартам WCAG (AA/AAA) [5];
- детализация объектов – уровни LOD0–LOD4 (1–5 баллов);
- размер условных знаков – отношение площади знаков к площади карты (%);
- количество условных знаков – целочисленный параметр;
- качество текстур – плотность текселей (0.1–10.24 px/cm);
- читаемость – шкала 1–5 (от "очень низкой" до "отличной");
- угол наклона – 0°–90°;
- поле зрения – 30°–150°;
- изрезанность рельефа – 1 (резкопересеченный) – 3 (равнинный);
- плотность застройки – 1 (редкая) – 3 (густая);
- этажность застройки – 1 (малоэтажная) – 4 (многоэтажная);
- распределение объектов – 1 (рассредоточенное) – 3 (равномерное);
- средняя площадь элемента – в м².

План эксперимента

Для оценки визуальной информативности трехмерных карт с использованием ММНС был составлен следующий порядок действий:

1. Для каждой ММНС составляется промт следующего содержания: «Оцените визуальную информативность представленной трехмерной карты городских территорий по следующим параметрам: [перечисление параметров, представленных выше]. Предоставьте значения для каждого параметра в соответствующих единицах измерения».
2. Каждой ММНС предоставляются анализируемые трехмерные карты.
3. Значения параметров, полученные от каждой ММНС, записываются и используются для расчета комплексного показателя визуальной информативности анализируемой карты.

4. Вычисляются отклонения рассчитанных показателей от контрольных значений, полученных путем экспертной оценки.

Расчет комплексного показателя визуальной информативности

Комплексный показатель визуальной информативности трехмерной карты рассчитывался как взвешенная сумма оценок качества отдельных параметров по формуле (1).

$$K = \sum_{i=1}^N g_i \cdot k_i, \quad (1)$$

где K – комплексный показатель визуальной информативности трехмерной карты; N – количество учитываемых свойств; g_i – коэффициент весомости i -го свойства; k_i – показатель качества, соотнесенный с нормативами.

Веса параметров были определены методом рангов на основе экспертных оценок.

Для расчета оценки качества каждой карты использовалась формула (2).

$$k_i = \frac{p_i - p_i^{\min}}{p_i^{\max} - p_i^{\min}}, \quad (2)$$

где k_i – показатель качества, соотнесенный с нормативами; p_i – измеренная величина показателя качества на исследуемой карте; $p_i^{\max}$, $p_i^{\min}$ – нормативные значения, за пределами которых карту невозможно или нецелесообразно использовать. Для показателей, которых нет в нормативах, данные показатели вычисляются путём просмотра и оценки множества трехмерных картографических изображений.

Результаты

В ходе эксперимента были использованы следующие мультимодальные нейронные сети: Eagle 2, Qwen 2.5, Llama 4, ChatGPT 4o и Gemma 3. Janus Pro и GigaChat 2 Max были исключены из дальнейшего анализа из-за неудовлетворительных результатов, так как Janus Pro не предоставил никаких оценок, а GigaChat 2 Max предоставил одинаковые оценки для всех карт. Результаты оценки визуальной информативности трехмерных карт с использованием различных ММНС представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки визуальной информативности трехмерных карт
с использованием ММНС

Модель	Карта №1	Карта №2	Карта №3	Среднее время оценки (сек)
Eagle 2	276.5	444.82	576.6	81
Qwen 2.5	364.34	587.35	698.57	153
Llama 4	368.26	540.36	639.86	114
ChatGPT 4o	293.14	483.57	605.75	75
Gemma 3	276.23	453.26	624.7	97

Значения в табл. 2 представляют собой общую оценку визуальной информативности карты, рассчитанную по формуле (1) с учетом весов параметров, умноженную на 1000.

В табл. 3 представлены отклонения от контрольных значений, полученных путем экспертной оценки.

Таблица 3

Отклонение от контрольных значений

Модель	Карта №1	Карта №2	Карта №3	Общая Дельта
Eagle 2	19.16	17.24	72.87	109.27
Qwen 2.5	106.99	125.29	49.1	281.38
Llama 4	110.91	78.3	9.61	198.82
ChatGPT 4o	35.8	21.52	43.73	101.05
Gemma 3	18.89	8.79	24.78	52.46

Обсуждение

Результаты исследования показали, что мультимодальные нейронные сети могут быть успешно использованы для автоматизированной оценки визуальной информативности трехмерных карт городских территорий. Модель Gemma 3 продемонстрировала наименьшее отклонение от экспертной оценки, что свидетельствует о ее высокой точности и надежности. Модели Eagle 2, Qwen 2.5 и Llama 4 показали более значительные отклонения, что может быть связано с особенностями их архитектуры и обучения.

Необходимо отметить, что точность оценки визуальной информативности трехмерных карт зависит от множества факторов, включая качество данных, выбор параметров оценки и весов параметров. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию этих факторов, а также проведение дальнейшего обучения предварительно обученной модели на более мелких специализированных датасетах с целью совершенствования их возможностей и повышения точности в конкретной задаче.

Заключение

В данной статье была исследована возможность применения мультимодальных нейронных сетей для автоматизированной оценки визуальной информативности трехмерных карт городских территорий. Результаты исследования показали, что ММНС могут быть успешно использованы для решения данной задачи, а модель Gemma 3 продемонстрировала наилучшие результаты. Полученные результаты могут стать основой для дальнейшей разработки автоматизированной системы оценки визуальной информативности трехмерных карт, что позволит повысить скорость и объективность процесса оценки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трехмерная компьютерная картография [Текст] : монография / Д. В. Лисицкий, П. Ю. Бугаков, Нгуен Ань Тай ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет геосистем и технологий" (СГУГиТ). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. — 178 с.
2. Ghosh and K. Deepa, "QueryMintAI: Multipurpose Multimodal Large Language Models for Personal Data," in IEEE Access, vol. 12, pp. 144631-144651, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3468996.
3. Морошкин, Н. А. Обзор современных мультимодальных архитектур нейросетей / Н. А. Морошкин // Новые информационные технологии в научных исследованиях : Материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, 22–24 ноября 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф.Уткина, 2023. – С. 108–111.
4. Зуев, В. А. Факторы, влияющие на визуальную информативность трехмерных карт / В. А. Зуев, П. Ю. Бугаков // Аллея науки. – 2023. – Т. 1, № 6(81). – С. 1557–1560.
5. Understanding WCAG 2.0: Visual and Audio Contrast [Электронный ресурс] // W3C Web Accessibility Initiative. – URL: <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/visual-audio-contrast-contrast.html> (дата обращения: 21.04.2025).

© В. А. Зуев, П. Ю. Бугаков, 2025

М. В. Карманова¹✉, Г. И. Ненашева¹, А. С. Стребкова¹

Результаты расчетов показателей перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С в Алтайском крае за 2004–2024 гг.

¹Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Российская Федерация
e-mail: karmmv@yandex.ru.ru

Аннотация. В статье рассматривается необходимость получения показателей устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различные градации (минус 5 °С, 0 °С, плюс 5, 10 и 15 °С) для изучения аллергокомфортности природной среды и аттрактивности рекреационных территорий юга Западной Сибири как основы развития лечебно-оздоровительного туризма. Приведены результаты расчетов климатических характеристики дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С весной в Алтайском крае за 2004–2024 гг. по данным двадцати пяти метеостанций. На их основе составлены карты весенних и осенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С: ранние, поздние, средние, амплитуда, а также карта продолжительности данных периодов.

Ключевые слова: картографическая визуализация, климат, среднесуточные температуры воздуха

M. V. Karmanova¹✉, G. I. Nenasheva¹, A. S. Strebkova¹

Indicators of the transition of the average daily air temperature through 0 °C in the Altai Territory for 2004-2024.

¹Altai State University, Barnaul, Russian Federation
e-mail: karmmv@yandex.ru.ru

Abstract. The article considers the need to obtain indicators of a stable transition of the average daily air temperature through various gradations (minus 5 °C, 0 °C, plus 5, 10 and 15 °C) to study the allergic environment and the attractiveness of recreational areas in the south of Western Siberia. The results of calculations of the climatic characteristics of the dates of the steady transition of the average daily air temperature through 0 °C in spring in the Altai Territory for 2004–2024 according to data from twenty-five meteorological stations presented. Based on them, maps of the spring and autumn dates of the steady transition of the average daily air temperature through 0 °C have been compiled: early, late, average, amplitude, as well as a map of the duration of these periods.

Keywords: cartographic visualization, climate, average daily air temperatures

Введение

Изучение аллергокомфортности природной среды и аттрактивности рекреационных территорий юга Западной Сибири как основы развития лечебно-оздоровительного туризма напрямую связаны с изучением вегетативного периода растений аллергенов. Данные временных характеристик весенне-летнего сезона являются ключевым фактором в изучении биопродукционного потенциала природной среды. Определенные этапы онтогенеза растений напрямую зависят от показателей среднесуточных температур воздуха и суммы осадков [1–3, 5].

Наиболее востребованными в подобных исследованиях являются показатели устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через различ-

ные градации: минус 5 °С, 0 °С, плюс 5, 10 и 15 °С [1, 3]. Как правило для получения достоверных результатов для территории одного субъекта Российской Федерации требуется проанализировать данные о среднесуточных температурах воздуха за тридцать лет сразу с нескольких метеорологических станций, в том числе расположенных за пределами субъекта. Визуализация полученных данных с помощью ГИС, помогает наглядно продемонстрировать результаты математических расчетов больших информационных массивов.

Методы и материалы

На данном этапе исследования были использованы показатели среднесуточной температуры воздуха с двадцати пяти метеостанций за период с 2004 по 2024 гг., содержащиеся в специализированных массивах Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) [6]. Согласно методике [7] с помощью программы MSExcel были рассчитаны показатели перехода весенней и осенней средней суточной температуры воздуха через 0 °С.

Так как для автоматизации процесса картографической визуализации данных использовались инструменты ГИС QGIS 3.34.3 было необходимо ввести единицу измерения начала и завершения периода, поэтому было решено использовать не значение дат, а порядковый номер дня с начала года (1.I – 1, 2.I – 2 и т. д.). Таким образом, в полученных расчетах учитываются особенности високосных годов, в которых идет сдвиг по датам на 1 календарный день.

Результаты

В таблицах 1 и 2 приведены предварительные результаты расчетов для перехода через 0 °С в весенний и осенний периоды: даты начала перехода (ранняя, поздняя и средняя), амплитуда между ранними и поздними датами и среднеквадратическое отклонение начала перехода в днях.

Таблица 1

Климатические характеристики дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С весной за 2004–2024 гг.

Название станции	Ранняя		Поздняя		Средняя		Амплитуда	σ
	№ дня	Дата	№ дня	Дата	№ дня	Дата		
Алейск	73	14.03.2014	111	21.04.2023	91	01.IV	38	8
Баево	77	18.03.2014	104	14.04.2006	92	02.IV	27	5
Название станции	Ранняя		Поздняя		Средняя		Амплитуда	σ
	№ дня	Дата	№ дня	Дата	№ дня	Дата		
Барабинск	84	25.03.2009	110	20.04.2023	94	04.IV	26	5
Барнаул	74	15.03.2014	111	21.04.2023	93	03.IV	37	7
Бийск-Зональная	74	15.03.2014	112	22.04.2023	92	02.IV	38	8
Болотное	78	19.03.2014	111	20.04.2008	94	04.IV	33	7
Змеиногорск	73	14.03.2014	104	14.04.2010	91	01.IV	31	7
Иртышск	78	19.03.2014	103	13.04.2010	91	01.IV	25	6
Камень-на-Оби	78	19.03.2014	104	14.04.2010	92	02.IV	26	6
Кемерово	78	19.03.2014	111	21.04.2023	93	03.IV	33	7
Ключи	77	18.03.2014	103	13.04.2010	89	30.III	26	6
Кузедеево	74	15.03.2014	111	21.04.2023	91	01.IV	37	7

Окончание табл. 1

Ненастная	86	27.03.2009	129	09.05.2006	110	20.IV	43	11
Неожиданный Прииск	74	15.03.2014	113	23.04.2023	95	05.IV	39	7
Огурцово	77	18.03.2014	110	20.04.2023	93	03.IV	33	7
Омск	80	20.03.2016	103	13.04.2006	91	01.IV	23	5
Ребриха	78	19.03.2014	111	21.04.2023	94	04.IV	33	6
Рубцовск	73	14.03.2014	113	23.04.2023	92	02.IV	40	7
Русская Поляна	80	20.03.2016	103	13.04.2010	92	02.IV	23	5
Семей	73	14.03.2014	103	13.04.2010	86	27.III	30	6
Славгород	78	19.03.2014	103	13.04.2010	91	01.IV	25	5
Солонешное	76	17.03.2014	113	23.04.2023	91	01.IV	37	8
Татарск	84	25.03.2009	110	20.04.2023	94	04.IV	26	5
Усть-Кокса	79	20.03.2014	113	23.04.2023	92	02.IV	34	7
Яйлю	61	01.03.2008	104	14.04.2006	83	24.III	43	8

В таблице 2 в последнем столбце содержатся данные о средней продолжительности полученного периода для каждой станции.

Таблица 2

Климатические характеристики дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С осенью за 2004–2024 гг.

Название станции	Ранняя		Поздняя		Средняя		Амплитуда	σ	Период, дни
	№ дня	Дата	№ дня	Дата	№ дня	Дата			
Алейск	285	11.10.2016	322	18.11.2023	308	04.XI	37	8	217
Баяво	285	11.10.2016	321	17.11.2010	305	01.XI	36	7	213
Барабинск	277	03.10.2016	320	16.11.2010	300	27.X	43	8	206
Барнаул	285	11.10.2016	322	18.11.2010	306	02.XI	37	7	213
Бийск-Зональная	285	11.10.2016	322	18.11.2010	306	02.XI	37	7	214
Болотное	276	02.10.2016	316	11.11.2020	299	26.X	40	8	205
Змеиногорск	286	12.10.2016	325	21.11.2006	307	03.XI	39	8	216
Иртышск	285	11.10.2016	322	18.11.2023	306	02.XI	37	8	215
Камень-на-Оби	285	11.10.2016	320	16.11.2010	304	31.X	35	6	212
Кемерово	276	02.10.2016	317	12.11.2020	301	28.X	41	7	208
Ключи	285	11.10.2016	322	18.11.2023	306	02.XI	37	8	217
Кузедеево	282	08.10.2016	322	18.11.2010	304	31.X	40	6	213
Ненастная	266	23.09.2017	296	23.10.2005	281	12.X	30	8	171
Неожиданный Прииск	269	25.09.2024	311	06.11.2008	295	22.X	42	7	200
Огурцово	284	10.10.2016	320	16.11.2010	303	30.X	36	7	210
Омск	274	30.09.2024	321	17.11.2010	301	28.X	47	8	210
Ребриха	279	06.10.2014	322	18.11.2010	305	01.XI	43	7	211
Рубцовск	290	16.10.2016	324	20.11.2006	309	05.XI	34	8	217
Русская Поляна	274	30.09.2024	323	19.11.2013	303	30.X	49	10	211
Семей	294	20.10.2016	324	20.11.2013	312	08.XI	30	7	226
Славгород	285	11.10.2016	323	19.11.2023	306	02.XI	38	7	215
Солонешное	286	12.10.2016	322	18.11.2010	305	01.XI	36	6	214
Татарск	280	07.10.2014	320	16.11.2010	301	28.X	40	8	207
Усть-Кокса	287	14.10.2015	309	05.11.2017	297	24.X	22	5	205
Яйлю	293	19.10.2016	336	02.12.2013	314	10.XI	43	8	231

На основе полученных данных в ГИС QGIS 3.34.3 были сгенерированы карты весенних (рис. 1) и осенних (рис. 2) дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C на территории Алтайского края в 2004–2024 гг. Карты представляют собой комбинацию изолиний и двухмерных мешей, состоящих из граней, представляющих собой нерегулярную сетку.

Меш – тип данных, сочетающий в себе растровый и векторный компоненты. В данном случае векторный компонент меша содержит число: номер дня начала или завершения периода, амплитуду или продолжительность периода в днях (рис. 3).

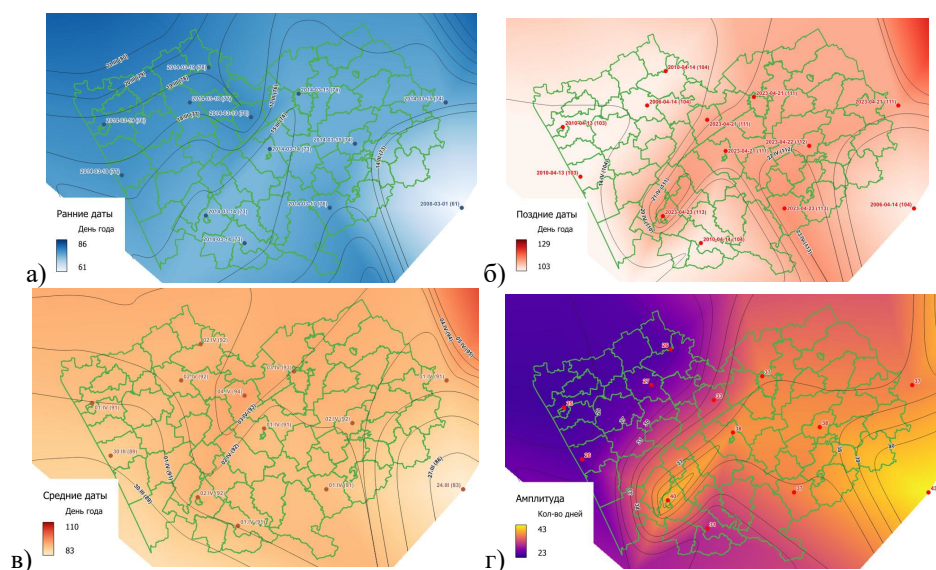


Рис. 1. Весенние даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C на территории Алтайского края в 2004–2024 гг: ранние (а), поздние (б), средние (в), амплитуда (г)

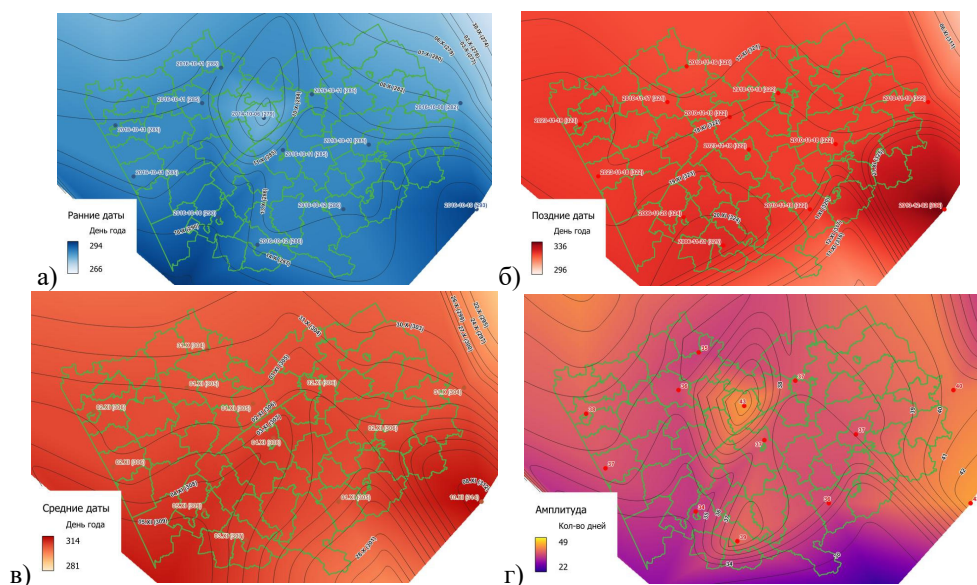


Рис. 2. Осенние даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C на территории Алтайского края в 2004–2024 гг: ранние (а), поздние (б), средние (в), амплитуда (г)

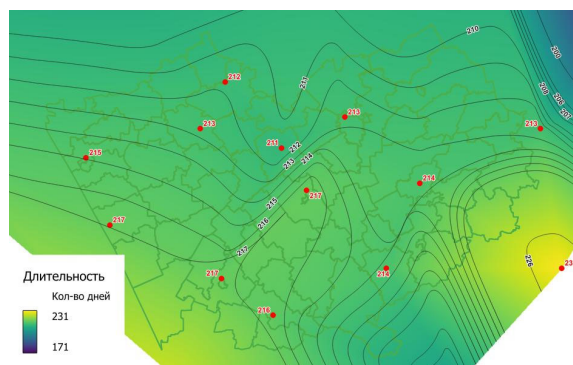


Рис. 3. Продолжительность периода устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С на территории Алтайского края в 2004–2024 гг.

Заключение

В результате исследования получены климатические характеристики дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С на территории Алтайского края за период с 2004 по 2024 гг. Они будут использованы для изучения временных характеристик весенне-летнего сезона года на данной территории.

Дальнейшие исследования будут направлены на расчеты перехода через 5, 10 и 15 °С, а также на увеличение срока до 30 лет и уточнение карт за счет обработки данных из дополнительных источников и построение геоинформационной модели.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ № 24-27-20087 «Аллергокомфортность природной среды и аттрактивность рекреационных территорий юга Западной Сибири как основа развития лечебно-оздоровительного туризма».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Максимова, Н. Б. Оценка изменения продолжительности вегетационного периода по агроклиматическим районам алтайского края / Н. Б. Максимова, Д. В. Арнаут, Г. Г. Морковкин // Вестник Алтайского государственного университета, 2014. – № 10. – С. 46–53.
2. Мухина, Д. С. Об изменении временных характеристик весеннего сезона и его структурных единиц в подтайге юго-запада Западно-Сибирской равнины / Д. С. Мухина, Л. Б. Филандышева // Материалы Второй Международной научной конференции «Климатология и гляциология Сибири» (Томск, 20–23 октября); под общ. ред. В. П. Горбатенко, В. В. Севастьянова. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2015. – С. 91–93.
3. Максимова, Н. Б. Оценка продолжительности климатических сезонов года по агроклиматическим районам Алтайского края в условиях меняющегося климата/ Н. Б. Максимова, Д. В. Арнаут, Г. Г. Морковкин // Вестник Алтайского государственного университета, 2016. – № 11. – С. 48–53.
4. The Global Climate in 2011–2015. – WMO-No. 1179. – 2016. – Digital. – ISBN 978-92-63-11179-1. – URL : <https://library.wmo.int/records/item/55322-the-global-climate-in-2011-2015> (дата обращения 10.05.2025).
5. Драгавцева, И. А. Анализ временной и пространственной изменчивости температурного и влажностного режимов весенне-летнего периода на юге России для выращивания пло-

довых культур (на примере Ставропольского края) / А. И. Драгавцева, В. Г. Ермоленко, Р. А. Оплачко, А. П. Кузнецова, Е. А. Оплачко // Биология растений и садоводство: теория, инновации, 2021. – № 2. – С. 63–71.

6. Веселов, В. М. Специализированные массивы для климатических исследований / В. М. Веселов, И. Р. Прибыльская, О. А. Мирзеабасов // ВНИИГМИ-МЦД, 2024. – URL : <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения 10.05.2025).

7. РД 52.33.725-2010. Руководящий документ. Методические указания по составлению агрометеорологического ежегодника для земледельческой зоны Российской Федерации (Издание пятое, переработанное) (утв. Росгидрометом 24.02.2010) (ред. от 11.09.2018). – URL : https://e-ecolog.ru/docs/xnE8SoWTvQNB9rVESTz2r/302?utm_referer=https%3A%2F%2Fwww.bing.com%2F (дата обращения 10.05.2025).

© М. В. Карманова, Г. И. Ненашева, А. С. Стребкова, 2025

А. А. Кутиминский¹ 

Применение картографических данных для аналитики в Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств

¹Западно-Сибирская дирекция пассажирских обустройств – структурное подразделение
Центральной дирекции пассажирских обустройств – филиал ОАО «РЖД»,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: dpo-kutiminskyaa@wsr.rzd.ru

Аннотация. Применение геоданных и осуществление геопространственной деятельности на предприятиях транспортной инфраструктуры позволяет повысить производительность труда при решении текущих инженерно-технических задач, а также при планировании и аналитике. Под геопространственной деятельностью будем понимать весь комплекс работ по получению, накоплению и представлению геоинформации, формированию на ее основе геопространственных знаний, использованию полученных геознаний для автоматизации и роботизации производственных процессов и при решении геопространственных задач [1]. Простейшие геоинформационные системы на предприятии возможно создать даже при отсутствии кадров узкой специализации, используя доступное программное обеспечение. В статье рассмотрен опыт и результаты внедрения простейших геоинформационных технологий в производственный процесс Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств – структурного подразделения Центральной дирекции пассажирских обустройств – филиала ОАО «РЖД».

Ключевые слова: картография, геоинформационные системы, геоаналитика, пассажирские обустройства, производственные базы данных, железнодорожная инфраструктура

A. A. Kutiminskiy¹ 

The use of cartographic data for analytics in the West Siberian directorate of passenger facilities

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
West Siberian directorate of passenger facilities – a structural division
of the Central directorate of passenger facilities - a branch of JSCo «RZD»
e-mail: dpo-kutiminskyaa@wsr.rzd.ru

Abstract. The use of cartographic data in transport infrastructure enterprises makes it possible to increase labor productivity in solving current engineering and technical problems, as well as in planning and analytics. Geospatial activity can be understood as the entire range of activities related to the acquisition, accumulation and presentation of geoinformation, the formation of geospatial knowledge based on it, the use of acquired geoscience for automation and robotization of production processes and in solving geospatial tasks [1]. It is possible to create the simplest geographic information systems in an enterprise even in the absence of qualified personnel using available software. The article discusses the experience and results of introducing the simplest geoinformation systems into the production process of the West Siberian Directorate of Passenger Facilities, a structural unit of the Central Directorate of Passenger Facilities, a branch of Russian Railways.

Keywords: cartography, geoinformation systems, analytics, passenger facilities, production databases, railway infrastructure

Принятые сокращения и аббревиатуры

ГИС – геоинформационная система;

ДПО – дирекция пассажирских обустройств – структурное подразделение Центральной дирекции пассажирских обустройств – филиал ОАО «РЖД»;

ЗСЖД – Западно-Сибирская железная дорога;

ОАО «РЖД» – открытое акционерное общество «Российские железные дороги»;

САПР – программный комплекс – система автоматизированного проектирования.

Введение

Геоинформационные системы в настоящее время – главный инструмент и движущая сила в картографии [2]. В настоящее время наблюдается резкое расширение круга пользователей геоинформационных систем и геоуслуг за счет массового проникновения геодезических и картографических методов в повседневную жизнь населения [3]. Осуществление геопространственной деятельности на предприятиях транспортной инфраструктуры позволяет повысить производительность труда при решении текущих инженерно-технических задач, а также является необходимым при планировании и аналитике. Под геопространственной деятельностью следует понимать весь комплекс работ по получению, накоплению и представлению геоинформации, формированию на ее основе геопространственных знаний, использованию полученных геознаний для автоматизации и роботизации производственных процессов и при решении геопространственных задач [3, 4].

При этом, разработка геоинформационных систем на предприятии часто ассоциируется с потребностью в высококвалифицированных специалистах и значительных финансовых ассигнованиях. В тоже время, опыт применения картографических данных для аналитики в Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств – структурном подразделении Центральной дирекции пассажирских обустройств – филиале ОАО «РЖД» (далее – ДПО) демонстрирует возможность создания собственными силами работников простейших геоинформационных систем, необходимых для решения возникающих на предприятии задач.

Результаты

В числе прочего, предприятиям транспортной инфраструктуры для решения определённого круга инженерно-технических задач требуется проведение анализа пространственных данных.

На примере Западно-Сибирской ДПО, единственным картографическим источником информации для инженерного блока в первые годы после образования (2012 г.) являлась общепринятая схема полигона ЗСЖД и разработанная собственными силами специалистов смежных структурных подразделений простейшая ГИС «Атлас ЗСЖД», основанная, в свою очередь, на картографических материалах Российского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи Министерства путей сообще-

ния Российской Федерации, подготовленных с использованием ГИС «ObjectLand».

К моменту окончательного становления инженерно-технического блока дирекции, а также в связи с кратным ростом производственных задач, требующих анализа пространственных данных, проявилась проблема отсутствия доступных картографических материалов применительно к деятельности ДПО. Ввиду имеющихся финансовых и бюрократических ограничений, специалисты региональных дирекций приступили к решению указанных проблем самостоятельно, в инициативном порядке. Практически сразу были определены недостатки имеющейся ГИС на базе «ObjectLand» – невозможность актуализации по причине нехватки в дирекции специалистов в области данной ГИС, а также отсутствие единых баз данных.

Так, в Западно-Сибирской ДПО помимо вышеупомянутого «Атласа ЗСЖД», стали применяться разработанные с помощью САПР («Autodesk AutoCAD», «Компас») схематические изображения полигона дороги с нанесением всех необходимых остановочных пунктов и станций.

Преимуществом указанного решения, по сравнению с имеющейся ГИС, стала актуальность представленной информации. Специалистами при составлении схем были учтены все ключевые изменения в географии пассажирской инфраструктуры, произошедшие за последние 4 года.

Использование полученных материалов продолжалась менее года и выявило ключевые недостатки решения:

1. Узкий круг пользователей, отсутствие возможности просмотра информации в электронном виде всеми заинтересованными специалистами на предприятии. Для просмотра файлов требовалась установка специализированного программного обеспечения на компьютеры пользователей, что шло в разрез с существующей политикой компании ОАО «РЖД» в области информационной безопасности, ограничивающей применение стороннего программного обеспечения.

2. Трудности при работе с бумажными версиями картографической информации, вызванные отсутствием квалифицированного подхода к их оформлению. Материалы, представленные на бумажных носителях, имели низкую информативность и читаемость. Схемы, подготовленные для настенного (широкоформатного) исполнения также были малоинформативными и, что важно, имели непрезентабельный внешний вид.

3. Недостаточная информативность. На схемах не указывался состав пассажирских обустройств в границах остановочного пункта, при этом отображение указанной информации либо перегружало схему, либо не представлялось возможным по ряду причин. Как следствие – материал не в полной мере выполнял свою главную функцию – оперативное предоставление необходимой информации.

Следующим шагом, ввиду имеющихся ограничений, стало создание схемы расположения объектов пассажирской инфраструктуры с применением офисных программ, а именно MS Office EXCEL.

Разработка схемы на весь полигон Западно-Сибирской железной дороги была выполнена в 2016 г. за два месяца. С помощью принятых условных обозначений удалось разместить на схеме информацию о составе пассажирской инфраструктуры в границах остановочного пункта или станции, а также обозначить дополнительные справочные материалы. Применение в качестве платформы MS EXCEL позволило автоматизировать формирование статистических данных и справок по имущественному комплексу, а также (за счет применения локальных сетевых ресурсов) обеспечило доступ к этой информации всем пользователям на предприятии.

Параллельно, к концу 2016 г. были сформированы единые базы данных объектов пригородной пассажирской инфраструктуры, объединяющие в себя информацию из разрозненных автоматизированных систем и баз данных ОАО «РЖД». Связь единых баз данных с файлом схемы с использованием макросов Visual Basic Excel позволила создать аналог полноценной геоинформационной системы, позволяющей в «один клик» получать информацию по требуемому объекту пассажирской инфраструктуры.

Универсальность применяемой платформы (MS EXCEL вместо САПР) позволила подключить к процессу наполнения схемы и единых баз данных широкий круг специалистов. Функционал офисных программ, в свою очередь, позволил подготовить версии для печати как в распространенном формате (А3, А4), так и в широкоформатном исполнении, с соблюдением наглядности, информативности и эстетического внешнего вида.

Получившаяся импровизированная геоинформационная система успешно применяется в Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств с 2017 года, а с 2023 г. используется как основа для подготовки аналогичных систем в дирекциях пассажирских обустройств на других полигонах железных дорог Российской Федерации.

Принятое решение позволило автоматизировать приблизительно четверть объема подготовки отчетной, эксплуатационной и технической документации специалистами аппарата управления. Применение единого и доступного всем источника информации сократило до минимума ошибки в отчетных документах, вызванные низкой коммуникацией и несогласованностью действий специалистов из разных отделов и секторов внутри предприятия. Время оформления справочной информации имущественного характера диспетчерским персоналом дирекции сокращено в среднем с 15 до 3 минут. Произвести же полную оценку положительного эффекта в различных направлениях деятельности дирекции от внедрения геоинформационной системы не представляется возможным ввиду отсутствия целенаправленного анализа.

Стоит отметить, что рассмотренное выше формирование геоинформационной системы на базе офисных программ эффективно только на ранних этапах развития предприятия так как имеет ряд ключевых недостатков. К ним можно отнести отсутствие возможности масштабировать представленную информацию, ограниченный функционал (в том числе графический), а также невозможность обработки и автоматизированного анализа пространственной информации.

Таким образом, формирование автоматизированной производственной программы линейных подразделений дирекции пассажирских обустройств, ввиду указанных выше ограничений, потребовало более прогрессивного и сложного подхода к анализу пространственных данных, а именно формирования собственной полноценной ГИС.

Заключение

Полученный опыт работы инженерно-технического персонала Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств позволяет заключить, что:

- применение геоинформационных систем способно повысить производительность труда инженерного блока на любом инфраструктурном предприятии;
- простейший аналог геоинформационной системы на предприятии можно получить без применения профессионального программного обеспечения, например за счет использования офисных программ;
- геоинформационная система, для оказания практической пользы, должна быть полностью интегрирована в информационное поле инфраструктурного предприятия, иметь возможность удобной и быстрой актуализации;
- на ранних этапах развития предприятия для получения положительных результатов не обязательно использовать сложные геоинформационные системы на базе профессиональных программных продуктов, однако рост сложности производственных задач и автоматизация процессов потребует от предприятия более профессионального подхода к анализу пространственной информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А.П., Лисицкий Д.В., Мусихин И.А., Развитие геопрограммной деятельности в России: стратегические направления и первоочередные задачи // Геодезия и картография. – 2023. – № 12. – С. 49-58. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-1002-12-49-58;
2. Цифровая картография : монография / Ю. Н. Андрюхина, П. Ю. Бугаков, Е. Л. Касьянова, С. Ю. Кацко, А. А. Колесников, Е. В. Комиссарова, Д. В. Лисицкий, Т. С. Молокина, Л. К. Радченко, Я. Г. Пошивайло, Е. С. Утробина, С. С. Янкелевич ; под научной редакцией Д. В. Лисицкого. – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. – 442 с. – Текст : непосредственный. ISBN 978-5-907711-37-2;
3. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Перспективы развития геодезического и картографического производства и новая парадигма геопрограммной деятельности // Вестник СГУГиТ. – 2020. – № 4. – С. 19-29. Doi: 10.33764/2411-1759-2020-25-2-19-29;
4. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Перспективные направления развития геодезической отрасли в условиях постиндустриальной эпохи и цифровой экономики // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80, № 4. – С. 55–64. Doi: 10.22389/0016-7126-2019-946-4-55-64

© А. А. Кутиминский, 2025

А. В. Нутиков^{1✉}, Б. Н. Олзоев¹

Геоинформационное картографирование нефтегазоносных административных районов Иркутской области

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация
e-mail: nutikov01@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено геоинформационное картографирование нефтегазоносных административных районов Иркутской области, на территории которых ведется разработка 30 месторождений различной степени освоения. Выделены ключевые особенности геоинформационного картографирования районов богатых углеводородным сырьем. Приведен обзор наиболее популярных геоинформационных систем, таких как QGIS, ArcGIS, MapInfo и других популярных ГИС. Предложен предварительный вариант технологической схемы создания тематической карты месторождений нефтегазового комплекса Иркутской области на основе ГИС-технологий. Разработана цифровая карта семи районов Иркутской области с использованием свободной кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, нефтегазоносные районы, ГИС, нефтегазовые месторождения, тематическая картография

A. V. Nutikov^{1✉}, B. N. Olzoev¹

Geoinformation mapping of oil and gas areas of the Irkutsk region

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation
e-mail: nutikov01@mail.ru

Abstract. The article is devoted to geoinformation mapping of the oil and gas-bearing areas of the Irkutsk region, on the territory of which a network of 30 fields of varying degrees of development is being developed. The key features of geoinformation mapping of areas rich in hydrocarbon resources are highlighted. An overview of the most popular geographic information systems such as QGIS, ArcGIS, MapInfo and other popular GIS is provided. The paper offers a preliminary version of the technological scheme for creating a thematic map of the fields of the oil and gas complex of the Irkutsk region based on GIS technologies. In accordance with this scheme, a digital map of seven districts of the Irkutsk region has been developed using the free cross-platform geographic information system QGIS.

Keywords: geoinformation mapping, oil and gas areas, GIS, oil and gas fields, thematic cartography

Введение

Иркутская область обладает крупными запасами нефти и газа и является одним из крупнейших экспортеров топливно-энергетических ресурсов. Нефтегазовая отрасль Иркутской области включает в себя виды деятельности, связанные с разведкой, добычей, транспортировкой, переработкой и сбытом нефти и газа, а также конечных продуктов их переработки.

В настоящее время находят применение перспективные направления развития «сквозных» цифровых технологий в организациях нефтегазовой отрасли, к которым относят:

- системы моделирования и системы предиктивного обслуживания и ремонта;
- технологии информационного моделирования в строительстве объектов нефтегазового комплекса;
- системы управления лабораторной информацией, системы диспетчерского управления, системы промышленной автоматизации, роботизация и автономные технологии;
- системы управления промысловыми и инженерными данными; системы управления цепочками поставок, системы онлайн-оптимизации технологических процессов [8].

В качестве объекта исследования выбрана Иркутская область, на территории которой разрабатывается 30 месторождений [4]. На рис. 1 приведена диаграмма фазового состояния нефтегазовых месторождений с точки зрения их степени освоения – газоконденсатного, газонефтяного, нефтегазового, нефтегазоконденсатного и нефтяного. В табл. 1 дана характеристика месторождений по степени их освоения – готовое к разработке, разведываемое и разрабатываемое.

Для проведения оценки нефтегазового комплекса необходимы эффективные технологии и методы геоинформационного картографирования [7]. Геоинформационное картографирование – это программно управляемое создание и использование карт на основе ГИС и баз картографических данных и знаний [5].

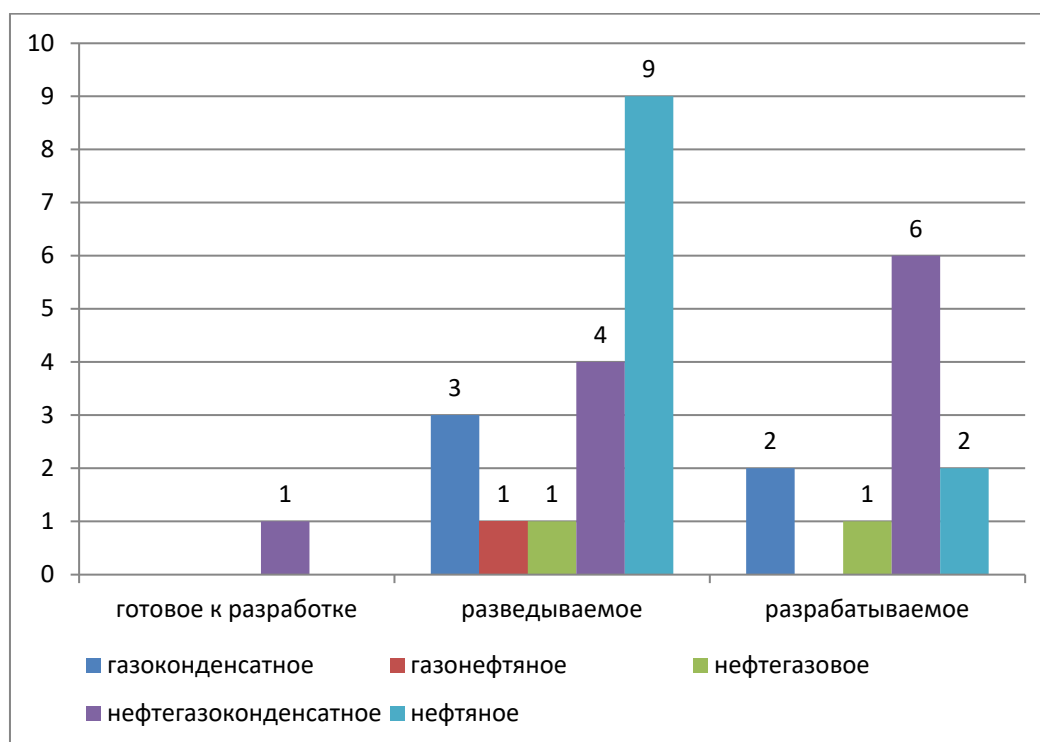


Рис. 1. Виды месторождений нефтегазового комплекса Иркутской области

**Информация по степени освоения месторождений
нефтегазового комплекса Иркутской области**

Степень освоения	Газоконденсатное	Газонефтяное	Нефтегазовое	Нефтегазоконденсатное	Нефтяное
готовое к разработке	-	-	-	1	-
разведываемое	3	1	1	4	9
разрабатываемое	2	-	1	6	2
Итого	5	1	2	12	11

Особенности геоинформационного картографирования нефтегазоносных административных районов связаны с:

- концентрированным расположением месторождений НГК;
- наличием транспортных и речных путей (БАМ, реки Нижняя Тунгусска, Лена, Ангара (Усть-Илимское вдхр.);
- территориальной динамичностью отработки месторождений углеводородов в отличие от месторождений твердых полезных ископаемых.

В данном контексте применение методов геоинформационного картографирования приобретает особую значимость, оно обеспечивает:

- точное отображение месторождений и их характеристик;
- оценку перспективности новых участков;
- мониторинг экологических и техногенных рисков [6].

Целью исследования является определение и рассмотрение базовых технологий геоинформационного картографирования нефтегазоносных административных районов Иркутской области.

Методы и материалы

В настоящее время нефтегазовые компании, занимающиеся добычей углеводородного сырья на территории Иркутской области, активно внедряют ГИС системы в процессы его добычи. ГИС-технологии стали уже неотъемлемой частью в решении производственных задач, начиная от первичного анализа данных до мониторинга экологической обстановки. Примеры применения ГИС в решении задач геоинформационного картографирования довольно подробно рассмотрены в работах [2, 9].

В таблице 2 представлены некоторые популярные ГИС [1, 3], применяемые при решении различных задач.

Популярные ГИС

Наименование ГИС	Страна происхождения	Решаемые задачи
ArcGIS	США	Решение задач, связанных с работой с географическими данными. Система позволяет создавать, управлять, анализировать и отображать пространственные данные, а также совместно использовать их
MapInfo Pro	США	Предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных.
QGIS	Швейцария	Решает широкий спектр задач, связанных с созданием, редактированием, анализом и визуализацией пространственных данных
AutoCAD Civil 3D	США	Решает задачи в области проектирования объектов инфраструктуры. Программа позволяет создавать трёхмерные модели дорог, трубопроводов, линий электропередач и других линейных сооружений, а также формировать проектную и рабочую документацию. Помимо этого, позволяет решать задачи в области ГИС и проектирования объектов инфраструктуры
ГИС «Панорама»	Россия	ГИС, имеющая средства создания и редактирования цифровых карт и планов городов, обработки данных ДЗЗ, выполнения различных измерений и расчетов, оверлейных операций, построения 3D моделей, обработки растровых данных, средства подготовки графических документов в цифровом и печатном виде, а также инструментальные средства для работы с базами данных
MicroStation	США	Решает задачи в области CAD, включая создание, редактирование и анализ двухмерных и трёхмерных моделей. Программа используется в архитектуре, строительстве, инженерном проектировании и управлении инфраструктурными проектами
Интеграция	Россия	Решает множество задач, некоторые из которых: создание, отображение и редактирование электронных карт по исходным картографическим материалам с нанесением графической информации пользователем
Аксиома	России	ГИС, предназначенная для подготовки, хранения, отображения, редактирования, анализа, оформления, управления и обмена пространственными (картографическими) данными
NanoCAD	Россия	Решает следующие задачи: создание и редактирование чертежей; моделирование 3D-объектов для создания визуальных презентаций или анимаций; оптимизация производственных процессов и разработка технологических карт
GRASS GIS	США	Решает задачи геомоделирования, управления пространственными векторными и растровыми данными, обработки спутниковых снимков, создания печатной картографической продукции и т. д.

Исходя из опросов представителей нефтегазовых компаний, работающих на территории рассматриваемого региона, широко используются MapInfo, ArcGIS и QGIS. В частности, QGIS как открытая геоинформационная платформа, обладает

гибкостью в адаптации под специфические задачи и активно используется в проектах.

Применение ГИС-технологий обусловлено некоторыми факторами: географическими особенностями региона, сложной транспортной логистикой, а также необходимостью регулярного мониторинга состояния окружающей среды. Интеграция ГИС в структуру производственных решений позволяет моделировать развитие инфраструктуры и осуществлять пространственную оценку перспективных территорий.

Особый интерес представляет возможность картографического анализа и пространственного сопоставления уровня освоенности месторождений. В связи с этим разработан предварительный вариант технологической схемы создания карты месторождений нефтегазового комплекса Иркутской области на основе ГИС-технологий.

Схема создания тематической карты (рис. 2) углеводородных месторождений Иркутской области на основе ГИС предусматривает реализацию важнейших составляющих картографических работ – сбор и подготовку исходных материалов, подготовку цифровой географической основы, локализацию тематического содержания, составление, редактирование и выпуск карты.



Рис. 2. Технологическая схема создания цифровой карты месторождений Иркутской области

На основе схемы создания цифровой карты месторождений разработана карта нефтегазоносных административных районов Иркутской области, приведенная на рис. 3, выполненная в вышеупомянутой среде QGIS. При ее создании были использованы данные из открытых источников. Математическая основа карты включает: базовый масштаб для территории группы районов – 1:5 000 000 и картографическую проекцию WGS 84 / UTM.

В таблице 3 приведено пояснение к легенде карты «Месторождения нефтегазового комплекса Иркутской области».

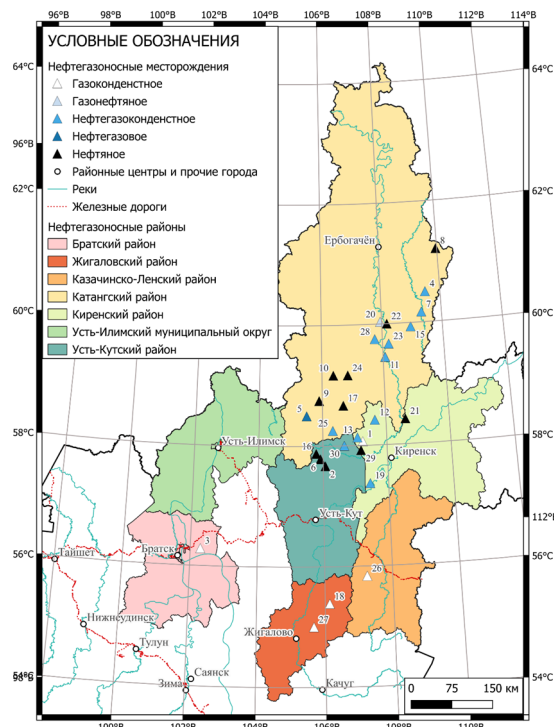


Рис. 3. Месторождения нефтегазового комплекса Иркутской области

Карта отражает пространственное распределение месторождений в зависимости от типа скопления углеводородов. Карта позволяет оценить текущее положение отрасли в регионе, выявить районы, в которых ведется более активная добыча рассматриваемых полезных ископаемых.

Таблица 3

Пояснение к легенде карты «Месторождения нефтегазового комплекса Иркутской области»

№	Месторождение	Недропользователь	Фазовое состояние	Степень освоения
1	Аянское месторождение	ООО «ИНК-НефтеГазГеология»	газоконденсатное	разведываемое
2	Большетирское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтяное	разведываемое
3	Братское месторождение	АО "Братскэкогаз"	газоконденсатное	разрабатываемое
4	Вакунайское месторождение	ПАО «Газпром нефть»	нефтегазоконденсатное	разрабатываемое
5	Верхненепское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтегазовое	разведываемое

Продолжение табл. 3

6	Верхнетирское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтяное	разведываемое
7	Верхнечонское месторождение	АО «Верхнечонскнефтегаз»	нефтегазоконденсатное	готовое к разработке
8	Восточно-Сугдинский лицензионный участок	ООО «АнгараНефть»	нефтяное	разведываемое
9	Вятшинское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтяное	разведываемое
10	Гораздинское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтяное	разведываемое
11	Даниловское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтегазовое	разрабатываемое
12	Дулисьминское месторождение	АО «НК Дулисьма»	нефтегазоконденсатное	разрабатываемое
13	Западно-Аянское месторождение	ООО «ИНК-НефтеГазГеология»	нефтегазоконденсатное	разрабатываемое
14	Западно-Даниловское месторождение	ООО «АнгараНефть»	нефтегазоконденсатное	разведываемое
15	Игнялинское месторождение	ООО «Газпромнефть-Ангара»	нефтегазоконденсатное	разведываемое
16	Ичединское месторождение	АО «ИНК-Запад»	нефтяное	разрабатываемое
17	Кийский лицензионный участок	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтяное	разведываемое
18	Ковыктинское месторождение	ПАО «Газпром»	газоконденсатное	разрабатываемое
19	Марковское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтегазоконденсатное	разрабатываемое
20	Месторождение им. Лисовского	ООО «АнгараНефть»	газонефтяное	разведываемое
21	Пилюдинское месторождение	ПАО «Сургутнефтегаз»	нефтяное	разведываемое
22	Преображенский лицензионный участок	АО «Верхнечонскнефтегаз»	нефтяное	разрабатываемое
23	Северо-Даниловское месторождение	ООО «АнгараНефть»	нефтегазоконденсатное	разрабатываемое
24	Средненепский лицензионный участок	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтяное	разведываемое
25	Токминское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтегазоконденсатное	разведываемое
26	Хандинское месторождение	ООО «Газпром добыча Иркутск»	газоконденсатное	разведываемое

27	Чиканское месторождение	ПАО «Газпром»	газоконденсатное	разведываемое
28	Южно-Даниловское месторождение	ООО «АнгараНефть»	нефтегазоконденсатное	разведываемое
29	Южно-Киренское месторождение	ООО «Киренский»	нефтяное	разведываемое
30	Ярактинское месторождение	ООО «Иркутская нефтяная компания»	нефтегазоконденсатное	разрабатываемое

Также на карте представлены элементы транспортной инфраструктуры, включая реки и железнодорожные пути, которые являются важными с точки зрения логистики и эксплуатации месторождений.

Результаты

Подготовленная карта стала результатом практического применения геоинформационных методов в задачах отраслевого картографирования. Использование программного обеспечения позволило интегрировать данные из открытых источников, провести визуализацию и реализовать функции пространственного анализа, что подтверждает эффективность применения ГИС в контексте комплексного изучения нефтегазоносных территорий.

Заключение

Таким образом, предложен предварительный вариант технологической схемы создания цифровой карты месторождений Иркутской области, создание карты позволило систематизировать и визуализировать информацию о текущем состоянии освоения месторождений, выявить особенности их пространственного распределения, а также сформировать основу для геоинформационного картографирования экосистем нефтегазового комплекса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андрюхина Ю. Н., Бугаков П. Ю., Касьянова Е. Л., Кацко С. Ю., Колесников А. А., Комисарова Е. В., Лисицкий Д. В., Молокина Т. С., Радченко Л. К., Пошивайло Я. Г., Утробина Е. С., Янкелевич С. С. Цифровая картография : монография. – Новосибирск: Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 2023. – 442 с.
2. Васильев, В. Н. Обзор существующих ГИС / В.Н. Васильев // Молодой ученый, 2016. – № 14. – С. 62-66.
3. Верещака, Т. В. Особенности технологии создания (обновления) специализированных топографических карт нефтегазового назначения / Т. В. Верещака, М. Ю. Баканова // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2019. – Т. 63. № 6. – С. 678-688.
4. Кулик, Е.Н. Создание базы геопространственных данных территорий, подверженных влиянию объектов нефтегазового комплекса / Е.Н. Кулик, А.Т. Байшуаков, Д.А. Байкин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 4. – С. 192-200.
5. Лурье, И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : учебник / И.К. Лурье. – М.: КДУ, 2010. – 424 с

6. Николаева, О. Н. О картографическом моделировании на разных этапах экологического мониторинга / О. Н. Николаева, Л. А. Ромашова, О. А. Волкова // География и водные ресурсы. – 2013. – № 2. – С. 12-15.

7. Радченко, Л. К. Особенности геоинформационного картографирования нефтегазовых комплексов / Л. К. Радченко, М. А. Топчилов // Гео-Сибирь. – 2005. – Т. 4. – С. 104-106.

8. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 года / Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12.03.2024 г. № 581-р. URL <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408610169/> (дата обращения 12 мая 2025 г.).

9. Цветков, В. Я. Геоинформационные системы и технологии : учебник / В.Я. Цветков. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 288 с.

© А. В. Нутиков, Б. Н. Олзоев, 2025

Г. Г. Побединский^{1,2}✉

**О необходимости совершенствования
понятийно-терминологической базы геодезии,
картографии, геоинформатики и общей классификации
современного терминологического аппарата**

¹Российское общество геодезии, картографии и землеустройства,
г. Москва, Российская Федерация

²Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Нижний Новгород Российская Федерация
e-mail: pobedinskij-gg@yandex.ru

Аннотация. Несмотря на наличие терминологических стандартов и многолетний опыт лексикографии и стандартизации, начиная с вышедшей в 1766 г. книги профессора С. К. Котельникова «Молодой геодезист или Первые основания геодезии», геодезическая и картографическая терминологическая система еще далека от совершенства. По-прежнему ее недостатками являются синонимия и бессистемность, требуется очередное упорядочение, в том числе нормализация терминологии в нормативных правовых актах и нормативно-технических документах, включая стандарты. В представленной работе на основе анализа терминологических словарей-справочников, нормативных документов, национальных и межгосударственных стандартов, многоязычного словаря по геоинформатике и пространственным данным определены границы предметной области «Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, ДЗЗ, ГИС, пространственные данные» и исследована система классификации терминов и определений.

Ключевые слова: геодезия, картография, топография, фотограмметрия, дистанционное зондирование Земли, геоинформатика, пространственные данные, геодезическая и картографическая терминология, границы предметной области, система классификации терминов и определений

G. G. Pobedinsky^{1,2}✉

**On the need to improve the conceptual and terminological base
of geodesy, cartography, geoinformatics
and the general classification of modern terminology**

¹Russian Society of Geodesy, Cartography and Land Management, Moscow, Russian Federation

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering,
Nizhny Novgorod Russian Federation
e-mail: pobedinskij-gg@yandex.ru

Abstract. Despite the existence of terminological standards and many years of experience in lexicography and standardization, starting with Professor S. K. Kotelnikov's book "The Young Geodet or the First Foundations of Geodesy" published in 1766, the geodetic and cartographic terminological system is still far from perfect. As before, its disadvantages are synonymy and haphazardness, and further streamlining is required, including normalization of terminology in regulatory legal acts and regulatory and technical documents, including standards. In the presented work, based on the analysis of terminology reference dictionaries, regulatory documents, national and interstate standards, a multilingual dictionary on geoinformatics and spatial data, the boundaries of the subject area "Geodesy, cartography, topography, photogrammetry, remote sensing, GIS, spatial data" are defined and the classification system of terms and definitions is investigated.

Keywords: geodesy, cartography, topography, photogrammetry, remote sensing of the Earth, geoinformatics, spatial data, geodetic and cartographic terminology, domain boundaries, classification system of terms and definitions

Введение

Русскоязычная геодезическая и картографическая терминология формируется, начиная с XVIII в., в частности с публикации в 1766 г. книги профессора Семёна Кирилловича Котельникова «Молодой геодезист или Первые основания геодезии» [1], в которой приведены первые геодезические термины и определения на русском языке, в частности термин «погрешность».



Работа по стандартизации терминологии началась в России в 1867 г., когда Русское техническое общество решило составить параллельный французско–немецко–английско–русский технический словарь, особое внимание обратив на необходимость создания большого числа русских терминов для соответственных иностранных эквивалентов. Работа была не завершена, в 1881 г. вышел только первый том словаря с заглавными французскими терминами.

В СССР с первых пятилетних планов началась активная работа по упорядочению и стандартизации научно-технической терминологии, ее проводили около 20 отраслевых научно-исследовательских институтов. Значительная часть этой работы выполнялась Всесоюзным комитетом по стандартизации при Совете труда и обороны. К середине 1970-х гг. в стране была создана система стандартизации научно-технической терминологии, включающая в себя комплексы методических материалов, государственных и отраслевых стандартов на термины и определения, систему терминологического контроля и Справочный банк терминов. В 1990-е гг. в стране действовало более 630 государственных стандартов на термины и определения и около 280 отраслевых стандартов [2].

За почти 300 лет понятийно-терминологическая база геодезии и картографии должна была сформироваться, но вопросы изменения терминологии в по-

стоянно меняющемся мире регулярно поднимаются в геодезической литературе, а терминологические справочники не менее регулярно дополняются и переиздаются. Появление и распространение новых терминов в последнее время связано тотальной цифровизацией всех сторон нашей жизни. Уже не удивляют термины «цифровое общество», «цифровая реальность», «цифровые двойники» и др.

Принятые в 1989 г. рекомендации «Разработка стандартов на термины и определения» [3], переработанные в 1996 и 2011 гг. в Рекомендации по межгосударственной стандартизации [4, 5] достаточно подробно регламентируют вопросы разработки новых терминологических стандартов, в том числе по терминологии в геодезии и картографии. Принятые стандарты по геодезической терминологии ГОСТ 22268–76 «Геодезия. Термины и определения», ГОСТ 21667–76 «Картография. Термины и определения», ГОСТ Р 51833–2001 «Фотограмметрия. Термины и определения», ГОСТ Р 52369–2005 «Фототопография. Термины и определения», ГОСТ Р 52438–2005 «Географические информационные системы. Термины и определения» и ряд других полностью решают проблему лексикографии в геодезии и картографии.

Но, несмотря на наличие терминологических стандартов и многолетний опыт лексикографии и стандартизации, геодезическая и картографическая терминологическая система еще далека от совершенства. По-прежнему ее недостатками являются синонимия и бессистемность, требуется очередное упорядочение, в том числе нормализация терминологии в нормативных правовых актах и нормативно-технических документах, включая стандарты.

Анализ публикаций последних 15 лет показал, что процесс развития геодезической терминологии активно продолжается. Ниже перечислены некоторые современные публикации: «О терминологии в области геодезии» [6], «Образование дефиниций в области наук о Земле» [7], «О форме и содержании понятия «инфраструктура пространственных данных» [8], «О необходимости создания словаря общих терминов геоинформатики: геодезии, картографии, фотограмметрии, геоинформатики» [9], «О некоторых понятиях геодезической гравиметрии» [10], «О некоторых понятиях геодезии» [11], «К вопросу «о некоторых понятиях геодезии» [12], «О корректном применении международной терминологии «Reference System» и «Reference Frame» к понятиям «система координат» и «координатная основа» в геодезической практике России» [13], «Высшая геодезия: понятия и определения» [14], «О терминологии в области геодезии, картографии и геоинформатики» [15, 16], «Терминологическое поле» [17], «Новая нормативная база геоинформатики и картографии» [18], «Нормализация основных терминов геоинформатики» [19], «О термине «картографирование» [20], «Текущие проблемы терминологического аппарата отечественной веб-картографии» [21], «Концептуальная систематика терминологии в области цифрового картографирования: проблемы и решения» [22], «Терминология геоинформатики и картографии в цифровую эпоху» [23].

В предисловии к вышедшему в 2015 г. справочнику «Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные. Справочник стандартных (нормативных) терминов» [24] и в серии ста-

тей «О терминологии в области геодезии, картографии и геоинформатики» [15, 16] были подробно рассмотрены история терминоведения, терминографии и терминологии применительно к отечественной лексикографии в геодезии и картографии. Поэтому в данной работе больший упор будет сделан на анализ терминологических словарей-справочников и попытках классификации терминов и определений.

Методы и материалы

Отечественная лексикография в области геодезии, картографии, топографии, фотограмметрии, геоинформационных систем и геопространственных данных представлена различными изданиями.

Одним из первых изданий, скорее всего, является изданный в 1928 г. «Справочник по военной топографии для начсостава и военных школ» [25]. В 1943 г. был издан подготовленный генерал-майором технических войск Федором Яковлевичем Герасимовым «Справочник по военной топографии» [26]. Справочник по военной топографии выдержал 3 издания [26, 27, 28].

В 1957 г. был выпущен подготовленный полковником Михаилом Викторовичем Гамезо и инженер-полковником Алексеем Михайловичем Говорухиным новый «Справочник офицера по военной топографии», выдержавший 3 издания [29, 30, 31]. Вышедший в 1973 г. «Справочник по военной топографии» выдержал два издания [32, 33].

Одним наиболее популярных гражданских справочных изданий является вышедший под редакцией преподавателя Военно-инженерной Краснознаменной академии им. В. В. Куйбышева, кандидата технических наук, доцента, полковника Бориса Сергеевича Кузьмина «Краткий топографо-геодезический словарь-справочник» [34], первое издание которого вышло в 1968 г. и включало 396 словарных статей, второе издание вышло в 1973 г. и включало 507 статей, третье издание под названием Краткий топографо-геодезический словарь вышло в 1979 г. и включало 539 статей [34, 35, 36]. Инициатива создания Краткого топографо-геодезического словаря-справочника принадлежит известному автору справочников по военной топографии Ф. Я. Герасимову. Все статьи расположены в алфавитном порядке.

Вышедший в 1989 г. справочник «Топографо-геодезические термины» подготовленный такими известными специалистами, как Б. С. Кузьмин, Ф. Я. Герасимов, В. М. Молоканов, В. Г. Максимов, Е. М. Поспелов, А. М. Говорухин, В. В. Фомин, Н. Н. Воронков, С. П. Николаев, В. С. Соколов, Я. Г. Муралев, К. А. Лапинг, Г. М. Сидорчук, Е. И. Халугин, А. И. Мартыненко, Е. А. Жалковский включал 548 статей [37]. Справочник повторял структуру Краткого топографо-геодезического словаря-справочника. Все статьи справочника расположены в алфавитном порядке. В указателе статей, приведенных также в алфавитном порядке, в квадратных скобках указан автор каждой статьи.

Принципиально иным была структура известного «Справочника геодезиста», издававшегося трижды в 1966, 1975 и 1985 гг. [38–41]. Справочник геодезиста не был чисто терминологическим, он скорее являлся своеобразной геоде-

зической энциклопедией – коллективной монографией. Тематические статьи Справочника геодезиста сгруппированы по укрупненным разделам:

- математическая обработка результатов геодезических измерений;
- теоретическая геодезия и геодезическая астрономия;
- основные геодезические работы;
- топографические и фототопографические съемки;
- геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений.

Тем самым была предложена основа тематической классификации. В оглавлении и в тексте справочника были указаны авторы разделов и глав.

Второе издание Справочника переработано и дополнено новыми главами: космическая геодезия, радиогеодезические системы, гироскопические приборы, экономика и организация геодезических работ. Заново написаны главы: уравнивательные вычисления в триангуляции, трилатерации и комбинированных сетях; метод наименьших квадратов. Существенной переработке подверглись главы: теория ошибок измерений; вычислительная техника в геодезии; теория фигуры Земли и гравиметрия; радио- и светодальномерные измерения; геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. Внесены изменения и в другие главы. Второе издание Справочника геодезиста по техническим причинам было выпущено в двух книгах, которые имеют единую нумерацию страниц и общий предметный указатель.

Третье издание Справочника геодезиста, вышедшее в 1985 г. переработано и дополнено в соответствии с новыми на тот период достижениями геодезической науки и практики. Введены новые главы: «Гироскопическое ориентирование», «Космическая фотосъемка», «Автоматизация инженерно-геодезических измерений». Существенно переработаны главы: «Метод наименьших квадратов», «Измерение расстояний свето-и радиодальномерами», «Геодезическая астрономия», «Топографические методы съемки». Переработаны и дополнены главы: «Вычислительная техника в геодезии», «Космическая геодезия», «Прикладная геодезия». Внесены изменения и в другие главы. Отражены технические и точностные требования новых нормативных документов. Справочник был выпущен в двух книгах, имеющих каждая свою нумерацию страниц, рисунков и свой предметный указатель. Третье издание Справочника геодезиста раскрывало 736 терминов [40, 41].

Авторами разделов и глав третьего издания Справочника геодезиста были такие известные специалисты, как: Г. В. Багратуни, К. В. Бажанов, В. В. Баканова, В. Д. Большаков, Н. Н. Воронков, П. А. Гайдаев, А. Н. Голубев, В. В. Голубев, А. В. Зацаринный, В. В. Калугин, И. И. Краснорылов, Н. П. Лаврова, Е. Г. Ларченко, Г. П. Левчук, М. Е. Пискунов, В. Г. Селиханович, С. С. Уралов, М. С. Урмаев, З. С. Хаймов, В. И. Шиллингер, Б. П. Шимбирев, Н. В. Яковлев.

Не менее известными изданиями являются «Справочник картографа», 1963 г. [42] и «Справочник по картографии» 1989 г., включавший 548 статей [43].

Следует также отметить подготовленные Геннадием Львовичем Хинкисом и Владимиром Лаврентьевичем Зайченко словари терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания) предназначенные для студентов и преподавателей средних специальных учебных заведений, изучающих дисциплину «Геодезия». Вначале была идея написать задачник по геодезии, а к нему глоссарий. Глоссарий превратился в «Краткий словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания)», который вышел в свет в 2003 г. [44].

Словарь был переиздан в 2006 и 2009 гг. под названием «Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания)» [45, 46] и включал более 1 000 терминов. Четвертое издание под названием «Словарь терминов, употребляемых в геодезической, картографической и кадастровой деятельности (термины и словосочетания)» [47], включающий 1 800 терминов, был утвержден в качестве учебного пособия для средних профессиональных заведений, по укрупненной группе профессий и специальностей 05.00.00 «Науки о Земле». За учебно-методическую разработку «Серия словарей терминов, употребляемых в геодезической, картографической и кадастровой деятельности» авторы Г. Л. Хинкис, В. Л. Зайченко были удостоены премии имени Ф. Н. Красовского за 2022 г.

Вышедшая в 2008 г. энциклопедия «Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр» [48], содержала более 4 000 статей не только терминологического характера. Значительная часть статей была посвящена информации о Федеральном агентстве геодезии и картографии (Роскартографии), его территориальных органах, подведомственных предприятиях, высших и средних учебных заведениях геодезического и картографического профиля. Приведены сведения о биографиях выдающихся ученых, руководителей топографо-геодезического и картографического производства, педагогов, производственников, внесших большой вклад в становление и развитие отрасли, изучение территории страны, создание уникальной геодезической и картографической продукции. Коллективу авторов Энциклопедии, работникам Московского государственного университета геодезии и картографии, была присуждена премия Правительства Российской Федерации 2014 г. в области образования и присвоены звания «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области образования».

Отечественная лексикография по геоинформатике представлена следующими работами. Наиболее полным изданием является «Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов», вышедший в 1999 г. и включающий 378 статей, в которых определены более 1 500 терминов [49]. Вышедший также в 1999 г. краткий терминологический словарь «Цифровая картография и геоинформатика» содержит около 400 терминов и определений [50]. В учебно-справочном пособии «Понятия и термины геоинформатики и ее окружения» [51], вышедшем в 2000 г. проанализировано современное состояние понятийно-терминологического аппарата геоинформатики и смежных областей знаний. На конкретных примерах продемонстрированы общенаучные требования к терминам и недо-

статки терминологических систем. Глоссарий пособия включает более 100 терминов.

Отечественная лексикография по спутниковым технологиям представлена РТМ «Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения» [52], вышедшем в 2001 г. и включающим 118 терминов в области спутниковой геодезии. Кроме того, в данном нормативном акте учитывая большое распространение нерусифицированного оборудования и программного обеспечения, приведено 50 англоязычных терминов.

Вышедший в 2007 г. «Справочник стандартных и употребляемых (распространенных) терминов по геодезии, картографии, топографии, геоинформационным системам, пространственным данным» [53] включал более 4 000 терминов из Федеральных законов, постановлений Правительства, ГОСТ, ГОСТ Р, стандартов ИСО и МЭК, нормативно-технических документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, в том числе серии ГКИНП (геодезические, картографические инструкции, нормы и правила), а также термины из тематических словарей. Значительная часть терминов приведена с переводом на английский язык, а ряд терминов – на немецкий и французский языки. В 2008 г. Коллектив авторов Справочника был награжден дипломом XV Всероссийского форума «Рынок геоинформатики России. Современное состояние и перспективы развития» в номинации «Лучшая монография».

Второе издание справочника вышло в 2015 г. под названием «Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные. Справочник стандартных (нормативных) терминов» [24] и включало 2 905 стандартных (нормативных) терминов. Во втором, исправленном и переработанном издании авторами-составителями было принято решение ограничиться только официальными терминами, включенными в нормативные правовые акты Российской Федерации, национальные и межгосударственные стандарты, нормативно-технические документы, регулирующие геодезическую и картографическую деятельность, в том числе серии ГКИНП (геодезические, картографические инструкции, нормы и правила). Справочник был дополнен тематическим указателем, в котором термины сгруппированы по укрупненным разделам:

- геодезия, метрология, средства измерений;
- картография, наименования географических объектов, издание, авторское право;
- топография, фотограмметрия, делимитация и демаркация границ, навигация;
- геопространственные данные, ИПД, информатика;
- стандартизация, информационная безопасность.

Такие укрупненные разделы не являются основной тематической классификации, но позволяют лучше ориентироваться при поиске терминов определенной тематики.

Коллектив авторов второго издания справочника был отмечен дипломом I степени XII Международной выставки и научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-

Сибирь 2016» в номинации «Лучшее справочное издание в области геопространственных наук».

Из изданий последних лет можно отметить выдержавшее 2 издания в 2001 и 2023 гг. учебное пособие «Картография с основами топографии: словарь-справочник» [54, 55]. Основные понятия и термины картографии и топографии представлены в словаре-справочнике по тематическим разделам «Основные общие понятия», «Топографические карты», «Мелкомасштабные географические карты», «Съемка местности», «Выдающиеся картографы и деятели, с которыми связано развитие картографии и топографии». Алфавитный указатель понятий и терминов приведен в конце словаря-справочника.

Представляет интерес, изданный в 2023 г. Белорусским национальным техническим университетом «Электронный словарь геодезических терминов и определений для студентов специальности 6-05-0731-01 «Геодезия» [56], включающий 1 148 терминов.

Предназначенное для студентов техникумов, колледжей и вузов, обучающихся по специальностям «Прикладная геодезия», «Аэрофотогеодезия», «Городской кадастр», «Картография» справочное издание «Geodetic & Cartographic Terms – Геодезические и картографические термины», включает тематические тексты, описание различных геодезических приборов, глоссарий из 300 терминов на английском языке с переводом и кратким описанием на русском языке, а также тематический словарь из 1 200 слов [57].

Кроме того, следует отметить разработанный Рабочей группой Межгосударственного Совета по геодезии, картографии, кадастру и дистанционному зондированию Земли государств-участников СНГ, «Словарь современных терминов. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр, дистанционное зондирование Земли» [58].

Многоязычный словарь по геоинформатике и пространственным данным (ISO/TC 211 Multi-Lingual Glossary of Terms – MLGT) был составлен из международных стандартов, разработанных международным комитетом по стандартизации ISO/TC 211. Словарь размещен в свободном доступе для всех заинтересованных лиц и организаций. Каждая запись включает в себя термин, его определения и ссылку на исходный документ, а также сокращения, примеры и примечания на 15 языках. Соответствующие терминология записи на различных языках связаны посредством уникального идентификатора (Term ID). Онлайн-версия ISO/TC 211 MLGT была обновлена в соответствии с последней версией MLGT от 14 декабря 2023 г. В настоящее время, доступны термины на 15 языках.

№	Язык	Количество терминов по году доступа	
		2016 г.	2025 г.
1	Арабский	684	684
2	Китайский	479	479
3	Датский	206	206
4	Голландский	76	76
5	Английский	936	1302

6	Финский	482	482
7	Французский	479	479
8	Немецкий	617	617
9	Японский	151	151
10	Корейский	479	936
11	Малайский	-	324
12	Польский	251	251
13	Русский	479	941
14	Испанский	690	1069
15	Шведский	402	681

В работе 2013 г. «О необходимости создания словаря общих терминов геонаук: геодезии, картографии, фотограмметрии, геоинформатики» [9] были проанализированы 19 различных словарей (гlossариев) по таким наукам, как геодезия, картография, фотограмметрия, геоинформатика.

В ходе проведенного анализа терминологической литературы был сделан вывод о том, что единый терминологический словарь, включающий в себя как общие, так и специфические для каждой из перечисленных геонаук понятия, в настоящее время отсутствует. В проведенный анализ по непонятным причинам не были включены такие справочники, как «Справочник стандартных и употребляемых (распространенных) терминов по геодезии, картографии, топографии, геоинформационным системам, пространственным данным», 2007 г. [53] и «Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр. Энциклопедия. В 2 томах», 2008 г. [48] Несколько позже вышли такие справочники, как «Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные. Справочник стандартных (нормативных) терминов», 2015 г. [24], «Словарь современных терминов. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр, дистанционное зондирование Земли», 2019 г. [58].

Таким образом, формально можно считать, что словари общих терминов таких наук о Земле, как геодезия, картография, фотограмметрия, геоинформатика уже существуют. Но по-прежнему термины в перечисленных словарях и справочниках не структурированы, а приведены в алфавитном порядке.

Ряд документов по стандартизации, таких как «Разработка стандартов на термины и определения [3, 5], «Рекомендации по основным принципам и методам стандартизации терминологии» [4] предусматривают следующую работу по упорядочению стандартизуемой терминологии: уточнение границ предметной области, анализ и обобщение свойств и признаков описывающих понятия, выявление имеющихся понятий, сбор и анализ терминов и определений, систематизацию понятий, в том числе построение классификации понятий, установление отношений между понятиями, определение структуры и расположения терминов в подразделах [5].

Границы предметной области и основы ее классификации могут быть определены из названий перечисленных справочников, но более правильным представляется определить их на основе действующих нормативных документов.

Результаты

Использование для определения границы предметной области и основ ее классификации Федерального закона «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» крайне затруднено. Федеральный закон не имеет иерархической структуры, не устанавливает генерических (родовых) и партитивных (частей и целого) отношений между названиями и содержанием глав и статей.

Исходя из названия Федерального закона, границы предметной области определены геодезией, картографией и пространственными данными, они же являются первым уровнем ее классификации. Исходя из оглавления Федерального закона, можно выделить 32 кода и два уровня классификации, 5 кодов первого уровня и 27 – второго. При этом первые уровни классификации из названия закона и из его содержания не совпадают.

№	Наименование
1.	Общие положения
1.1.	Сфера действия настоящего Федерального закона
1.2.	Правовое регулирование отношений, возникающих при осуществлении геодезической и картографической деятельности
1.3.	Основные понятия
1.4.	Субъекты геодезической и картографической деятельности
1.5.	Геодезические и картографические работы
1.6.	Геодезические и картографические работы, выполняемые в целях обеспечения обороны Российской Федерации
2.	Обеспечение осуществления геодезической деятельности в Российской Федерации
2.1.	Системы координат, государственная система высот и государственная гравиметрическая система
2.2.	Государственная геодезическая сеть, государственная нивелирная сеть и государственная гравиметрическая сеть
2.3.	Геодезические сети специального назначения
2.4.	Федеральная сеть геодезических станций. Государственная информационная система федеральной сети геодезических станций
2.5.	Обеспечение сохранности государственной геодезической сети, государственной нивелирной сети и государственной гравиметрической сети, в том числе пунктов указанных сетей
3.	Государственные фонды пространственных данных
3.1.	Виды и особенности ведения государственных фондов пространственных данных
3.2.	Федеральный фонд пространственных данных
3.3.	Ведомственные фонды пространственных данных
3.4.	Фонд пространственных данных обороны
3.5.	Сведения о пространственных данных (пространственные метаданные)
3.6.	Материалы, полученные в результате выполнения картографических работ
3.7.	Государственные топографические карты и государственные топографические планы
3.8.	Специальные карты

4	Информационное обеспечение выполнения геодезических и картографических работ
4.1.	Сведения, подлежащие представлению с использованием координат
4.2.	Федеральная государственная географическая информационная система, обеспечивающая функционирование национальной системы пространственных данных
4.3.	Федеральный портал пространственных данных и региональные порталы пространственных данных
4.4.	Единая электронная картографическая основа
5.	Государственное регулирование геодезической и картографической деятельности
5.1.	Лицензирование геодезической и картографической деятельности
5.2.	Федеральный государственный контроль (надзор) в области геодезии и картографии
5.3.	Особенности организации картографической деятельности, использования геоинформационных технологий, геоинформационных систем и геоинформационных средств
5.4.	Защита пространственных данных, ограничения на выполнение геодезических и картографических работ

Вследствие отсутствия иерархической структуры, родовых и партитивных отношений между понятиями не могут быть использованы для создания основ классификации предметной области, использованные в различных частях Федерального закона такие понятия, как:

1	сфера геодезии, картографии и использования геоинформационных технологий;	18	федеральная сеть дифференциальных геодезических станций;
2	геодезия;	19	карты;
3	картография;	20	фотокарты;
4	пространственные объекты, данные, метаданные;	21	ортофотокарты;
5	геодезическая деятельность;	22	планы;
6	картографическая деятельность;	23	фотопланы;
7	геодезические работы;	24	ортофотопланы;
8	картографические работы;	25	единая электронная картографическая основа
9	фотограмметрические работы;	26	топографические карты и планы;
10	топографические работы;	27	специальные карты и планы;
11	работы по установлению, изменению и уточнению прохождения Государственной границы Российской Федерации;	28	тематические карты и планы;
12	работы по созданию геодезической, нивелирной и гравиметрической сетей;	29	иные карты и планы;
13	геодезические, нивелирные и гравиметрические пункты;	30	фонды пространственных данных;
14	геодезическая, нивелирная и гравиметрическая сети;	31	порталы пространственных данных;
15	геодезические сети специального назначения;	32	геоинформационные технологии, системы и средства;
15	дифференциальная геодезическая станция;	33	государственная информационная система;
17	сети дифференциальных геодезических станций;	34	государственная геоинформационная система;

Границы предметной области можно определить как совокупность научных специальностей из группы «Науки о Земле и окружающей среде», установленных Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени [59]:

1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель.

1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

1.6.20. Геоинформатика, картография.

1.6.22. Геодезия.

Но классификация предметной области далее первого уровня, определенного названиями научных специальностей группы «Науки о Земле и окружающей среде» не представляется возможной.

Границы предметной области и основы ее классификации могут быть определены на основе рубрики «Геодезия. Картография» Государственного рубрикатора научно-технической информации (ГРНТИ). Рубрика «Геодезия. Картография» включает 55 кодов и включает два уровня классификации, 6 кодов первого уровня и 49 – второго.

Код	Наименование
36.01	Общие вопросы геодезии и картографии
36.01.01	Руководящие материалы по геодезии и картографии
36.01.05	Материалы общего характера по геодезии и картографии
36.01.09	История геодезии и картографии. Персоналия
36.01.11	Современное состояние и перспективы развития геодезии и картографии
36.01.13	Научные и технические общества, съезды, конгрессы, конференции, симпозиумы, семинары, выставки по геодезии и картографии
36.01.17	Международное сотрудничество по геодезии и картографии
36.01.21	Организация научно-исследовательских работ в геодезии и картографии
36.01.25	Патентное дело. Изобретательство и рационализаторство в геодезии и картографии
36.01.29	Информационная деятельность в геодезии и картографии
36.01.33	Терминология геодезии и картографии. Справочная литература. Учебная литература
36.01.37	Стандартизация в геодезии и картографии
36.01.75	Экономика, организация, управление, планирование, прогнозирование в геодезии и картографии
36.01.79	Кадры
36.01.80	Правовые вопросы
36.01.81	Измерения, испытания, контроль и управление качеством
36.01.93	Условия труда, социально-бытовые мероприятия (услуги), охрана труда, техника безопасности
36.16	Высшая геодезия
36.16.03	Теоретическая геодезия
36.16.19	Основные геодезические работы на суше

36.16.23	Морская геодезия
36.16.27	Геодезическая астрономия
36.16.35	Космическая геодезия
36.16.39	Геодезические методы решения геодинамических задач
36.16.43	Математическая обработка результатов геодезических измерений
36.23	Прикладная геодезия. Прикладные применения аэросъемки и фотограмметрии
36.23.21	Специальные виды аэросъемки
36.23.25	Применение геодезии, аэросъемки и фотограмметрии в землеустройстве, лесном и водном хозяйстве, в природоведении
36.23.27	Применение геодезии, аэросъемки и фотограмметрии в строительстве
36.23.29	Применение геодезии, аэросъемки и фотограмметрии на транспорте
36.23.31	Применение геодезии, аэросъемки и фотограмметрии при поисках и разработке месторождений полезных ископаемых
36.23.33	Применение геодезии, аэросъемки и фотограмметрии в архитектуре, археологии и медицине
36.23.35	Применение геодезии, аэросъемки и фотограмметрии в других областях экономики
36.23.39	Геодезические приборы, их исследования
36.29	Топография. Фототопография
36.29.05	Сгущение геодезической основы. Топографическая съемка суши
36.29.11	Топографическая съемка акваторий
36.29.15	Аэросъемочные работы при создании топографических карт
36.29.23	Наземная фотограмметрическая съемка
36.29.27	Фотограмметрия
36.29.31	Топографическое дешифрирование снимков
36.29.33	Топографические и специализированные карты и планы. Цифровые модели местности
36.33	Картография
36.33.01	Общие вопросы
36.33.03	Теория картографии
36.33.19	Математическая картография
36.33.23	Составление, редактирование и оформление карт
36.33.27	Тематическое и комплексное картографирование
36.33.31	Издание карт
36.33.35	Использование карт
36.33.39	Картографические произведения. Картографическая изученность Земли
36.33.85	Автоматизация в тематической картографии
36.39	Селенодезия. Планетодезия. Картографирование Луны и планет
36.39.15	Селенодезия, планетодезия
36.39.25	Картографирование Луны и планет

Но Государственный рубрикатор научно-технической информации не содержит коды по геоинформатике. Следовательно, классификация понятий будет неполной.

Обсуждение

Определение границ предметной области и основ ее классификации по существующим терминологическим стандартам также неоднозначно. Можно с уверенностью выделить предметную область «Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, ДЗЗ, ГИС, пространственные данные» Исходя из перечня стандартов, можно определить 7 кодов первого уровня и 38 – второго.

1	Геодезия
1.1	Фигура Земли
1.2	Системы координат
1.3	Геодезические сети
1.4	Геодезические пункты
1.5	Построение и развитие геодезических сетей
1.6	Топография
1.7	Прикладная геодезия
2	Картография
2.1	Общие понятия
2.2	Картографические произведения
2.3	Свойства, элементы карты и способы картографического изображения
2.4	Математическая картография
2.5	Методика и технология изготовления карт
2.6	Картография цифровая
2.7	Классификация, кодирование и правила цифрового описания картографической информации
2.8	Формы представления цифровой картографической информации
2.9	Методы и технологии изготовления цифровых (электронных) карт
2.10	Методы, технологии и системы обеспечения цифровыми (электронными) картами
3	Топография
3.1	Общие понятия
3.2	Виды топографических съемок
3.3	Съемочное обоснование
3.4	Фототопография
3.5	Виды топографических фотосъемок
3.6	Виды топографических фотоснимков и их использование
3.7	Виды фототопографических съемок
4	Фотограмметрия
4.1	Основные понятия
4.2	Фотограмметрические снимки
4.3	Фотограмметрическая обработка фотограмметрических снимков
4.4	Средства метрологического обеспечения фотограмметрической обработки фотограмметрических снимков
5	ДЗЗ
5.1	Общие понятия

5.2	Средства и способы получения данных дистанционного зондирования Земли из космоса
5.3	Получение данных дистанционного зондирования Земли из космоса и управление данными дистанционного зондирования Земли из космоса
5.4	Классификация данных дистанционного зондирования Земли из космоса
5.5	Характеристики и свойства данных дистанционного зондирования Земли из космоса
5.6	Съемка с космических аппаратов оптико-электронного наблюдения
5.7	Съемка с космических аппаратов радиолокационного наблюдения, оснащенных радиолокатором с синтезированной апертурой
6	ГИС (Стандарт не содержит подразделов следующего уровня)
7	Пространственные данные
7.1	Общие понятия
7.2	Геодезическая основа и системы координат
7.3	Сбор, обработка и использование пространственных данных

К сожалению, терминологические стандарты по геоинформатике и пространственным данным недостаточно структурированы. ГОСТ Р 52438–2005 «Географические информационные системы. Термины и определения» не содержит подразделов следующего уровня. ГОСТ Р 70846.2-2023 «Национальная система пространственных данных. Термины и определения», включающий 122 термина, выделив 19 общих понятий, 10 понятий по геодезической основе и системам координат, оставшиеся почти 100 терминов объединяет в разделе «Сбор, обработка и использование пространственных данных», располагая их в произвольном порядке.

Заключение

Анализ терминологических словарей-справочников, нормативных документов, национальных и межгосударственных стандартов, многоязычного словаря по геоинформатике и пространственным данным позволил определить границы предметной области «Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, ДЗЗ, ГИС, пространственные данные» и сформулировать основу системы классификации терминов и определений.

Классификация предметной области на основе существующих терминологических стандартов в настоящее время является наиболее полной, хотя и в ней можно отметить существенные недостатки.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Межрегиональной общественной организации «Российское общество геодезии, картографии и землеустройства».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Котельников С. К. Молодой геодет или Первые основания геодезии. – СПб. – 1766. – 340 стр., 5 скл. листов чертежей.
2. Казарина С. Г., Казарина Н. Б. Стандартизационные процессы в терминологии // Физическая культура, спорт - наука и практика. – 2008. – № 4. – С. 48-50.

3. Р 50-603-1-89 «Рекомендации. Разработка стандартов на термины и определения».
4. РМГ 19–96 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Рекомендации по основным принципам и методам стандартизации терминологии
5. Р 50.1.075–2011 Рекомендации по стандартизации. Разработка стандартов на термины и определения.
6. Савиных В. П. О терминологии в области геодезии // Науки о Земле. – 2012. – Выпуск 4. – С. 34-36.
7. Соловьёв И. В. Образование дефиниций в области наук о Земле // Науки о Земле. – 2013. – Выпуск 4. С. 50-55.
8. Кафтан В. И., Цветков В. Я. О форме и содержании понятия «инфраструктура пространственных данных» // Геодезия и картография. – 2013. – № 7. – С. 54-57
9. Кацко С. Ю. О необходимости создания словаря общих терминов геонаук: геодезии, картографии, фотограмметрии, геоинформатики // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. Т. 1. № 2. – Новосибирск. – СГГА. – 2013. – С. 69-71. – EDN: QITUQZ
10. Бровар Б. В. О некоторых понятиях геодезической гравиметрии // Геодезия и картография. – 2014. – № 1. – С. 48-51. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-883-1-48-51
11. Бровар Б. В., Горобец В. П. О некоторых понятиях геодезии // Геодезия и картография. – 2015. – № 2. – С. 61–64. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-896-2-61-64
12. Тетерин Г. Н. К вопросу «о некоторых понятиях геодезии» // Геодезия и картография. – 2015. – № 8. – С. 55-59. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-902-8-55-59.
13. Сурнин Ю. В. О корректном применении международной терминологии «Reference System» и «Reference Frame» к понятиям «система координат» и «координатная основа» в геодезической практике России // Геодезия и картография. – 2015. – №8. – С. 2-9. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-902-8-2-9.
14. Шануров Г. А. Высшая геодезия: понятия и определения. – Москва. – МИИГАиК. – 2015. – 64 с.
15. Плешков В. Г., Побединский Г. Г. О терминологии в области геодезии, картографии и геоинформатики // Геопрофи. – 2015. – № 6. – С. 4–8. – EDN: UROHVK
16. Плешков В. Г., Побединский Г. Г. О терминологии в области геодезии, картографии и геоинформатики // Геопрофи. – 2016. – № 1. – С. 12–18. – EDN: OUCVVV
17. Цветков В. Я. Терминологическое поле // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3-3. – С. 503. – EDN: VPIWLH
18. Кошкарёв А. В., Ротанова И. Н. Новая нормативная база геоинформатики и картографии // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 20 декабря 2016 г. – Воронеж: ООО «Издательство «Научная книга», 2016. – С. 40-47. – EDN YKHPGR
19. Кошкарёв А. В. Нормализация основных терминов геоинформатики // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Наука и образование. Сб. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. - СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2019. - С. 417-425. EDN: DOYYUY
20. Чибряков Я. Ю. О термине «картографирование» // Геодезия и картография. – 2019. – № 8. – С. 59-63. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-950-8-59-63
21. Титов Г. С. Текущие проблемы терминологического аппарата отечественной веб-картографии // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Производство и образование. Сб. материалов IV Всероссийской науч.- практ. конф. 2021 г., Санкт-Петербург. – СПб.: Политехника, 2021. – С. 317-323.
22. Софинов Р. Э. Концептуальная систематика терминологии в области цифрового картографирования: проблемы и решения // Опубликовано: 06 декабря 2022 г. [Электронный ресурс]. – Доступ: <http://www.geoprofi.ru/opinion/konceptual-naya-sistematika-terminologii-v-oblasti-cifrovogo-kartografirovaniya-problemyh-i-resheniya>
23. Кошкарёв А. В. Терминология геоинформатики и картографии в цифровую эпоху // Геодезия и картография. – 2023. – Т. 84. № 2. – С. 54-63. DOI: 10.22389/0016-7126-2023-992-2-54-63. - EDN: IPЕEOG
24. Геодезия, картография, топография, фотограмметрия, геоинформационные системы, пространственные данные. Справочник стандартных (нормативных) терминов / Авторы-сопоставители: И. Г. Журкин, А. П. Карпик, В. Б. Непоклонов, В. Г. Плешков, Г. Г. Побединский, О. В. Христова / Под общ. ред. В. Г. Плешкова, Г. Г. Побединского / Изд. 2-е, перераб. и доп.

- Москва. – Издательство «Проспект». – 2015. – 672 с. – ISBN 978-5-98597-312-9. – EDN: XWHNMH
25. Справочник по военной топографии для начсостава и военных школ : 70 черт. и табл. условных знаков / Составил К. Петряевский. – Москва. – Военный вестник. – 1928. – 72 с.
 26. Герасимов Ф. Я. Справочник по военной топографии / Генеральный штаб Красной Армии. – Москва. – Воениздат. – 1943. – 128 с.
 27. Герасимов Ф. Я. Справочник по военной топографии / Составитель: генерал-майор технических войск Ф. Я. Герасимов ; Военно-топографическое управление Генерального штаба Красной Армии. – 2-е изд., (доп.). – Москва. – Военное изд-во. – 1945. – 135 с.
 28. Герасимов Ф. Я. Справочник по военной топографии / Составлен генерал-майором технических войск Ф. Я. Герасимовым ; Военно-топографическое управление Генерального Штаба. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва. – Военное изд-во. – 1953. – 128 с.
 29. Справочник офицера по военной топографии / Полковник М. В. Гамезо, инженер-полковник А. М. Говорухин. – Москва. – Воениздат. – 1957. – 280 с.
 30. Справочник офицера по военной топографии / Полковник запаса М. В. Гамезо, инженер-полковник А. М. Говорухин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Воениздат, 1963. – 292 с.
 31. Справочник офицера по военной топографии / Инженер-полковник в отставке А. М. Говорухин, полковник запаса М. В. Гамезо. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Воениздат, 1968. – 280 с.
 32. Справочник по военной топографии / А. М. Говорухин, А. М. Куприн, М. В. Гамезо. – Москва. – Воениздат. – 1973. – 262 с.
 33. Справочник по военной топографии / А. М. Говорухин, А. М. Куприн, А. Н. Коваленко, М. В. Гамезо. – 2-е изд., перераб. – Москва. – Воениздат. – 1980. – 352 с.
 34. Краткий топографо-геодезический словарь-справочник / Ф. Я. Герасимов, А. М. Говорухин, Б. С. Кузьмин, В. М. Молоканов, Е. М. Поспелов, В. В. Фомин. Под ред. Б. С. Кузьмина. – Москва. – Недра. – 1968. – 221 с.
 35. Краткий топографо-геодезический словарь-справочник / Б. С. Кузьмин, Ф. Я. Герасимов, В. М. Молоканов и др. Под ред. Б. С. Кузьмина. 2-е изд., доп. и перераб. – Москва. – Недра. – 1973. – 280 с.
 36. Краткий топографо-геодезический словарь / Б. С. Кузьмин, Ф. Я. Герасимов, В. М. Молоканов и др. Под ред. Б. С. Кузьмина. 3-е изд., перераб. и доп. – Москва. – Недра. – 1979. – 312 с.
 37. Топографо-геодезические термины: Справочник / Б. С. Кузьмин, Ф. Я. Герасимов, В. М. Молоканов, В. Г. Максимов, Е. М. Поспелов, А. М. Говорухин, В. В. Фомин, Н. Н. Воронков, С. П. Николаев, В. С. Соколов, Я. Г. Муралев, К. А. Лапинг, Г. М. Сидорчук, Е. И. Халугин, А. И. Мартыненко, Е. А. Жалковский. – Москва : Недра, 1989. – 261 с. ISBN 5-247-00347-0.
 38. Справочник геодезиста / Г. В. Багратуни, В. Д. Большаков, М. А. Гиршберг, А. В. Кондрашков, А. П. Колупаев, П. И. Ларин, Е. Г. Ларченко, Г. П. Левчук, Н. И. Модринский, М. Е. Пискунов, В. Г. Селиханович, А. П. Тищенко, З. С. Хаимов, Б. П. Шимбирев, Н. В. Яковлев. Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. – Москва. – Недра. – 1966. – 984 с.
 39. Справочник геодезиста (в двух книгах) / В. Д. Большаков, Г. П. Левчук, Г. В. Багратуни, К. В. Бажанов, П. А. Гайдаев, И. И. Краснорылов, А. Н. Кузнецов, А. В. Кондрашков, Е. Г. Ларченко, Н. И. Модринский, М. Е. Пискунов, В. Г. Селиханович, В. Ю. Торочков, М. С. Урмаёв, З. С. Хаимов, Б. П. Шимбирев, В. И. Шиллингер, Н. В. Яковлев. Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. – Изд. 2, перераб. и доп. – Москва. – Недра. – 1975. – 1056 с. (Книга 1 С. 1-527. Книга 2 С. 528-1056)
 40. Справочник геодезиста: В 2-х книгах. Кн. 1 / Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва. – Недра. – 1985. – 455 с.
 41. Справочник геодезиста. В 2-х книгах. Кн. 2 / Под ред. В. Д. Большакова и Г. П. Левчука. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва. – Недра. – 1985. – 440 с.,
 42. Справочник картографа. / В. Ф. Кремпольский, М. М. Меклер, Г. А. Гинзбург. Под ред. А. В. Эдельштейна. – М.: Недра, 1963.
 43. Справочник по картографии / А. М. Берлянт, А. В. Гедымин, Ю. Г. Кельнер и др. Под ред. Е. И. Халугина. – М.: Недра, 1988. – 428 с.

44. Хинкис Г. Л., Зайченко В. Л. Краткий словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания). – Москва. – Картгеоцентр-Геодезиздат. – 2003. – 80 с.
45. Хинкис Г. Л., Зайченко В. Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания). – Москва. – Проспект. – 2006. – 143 с. – ISBN 5-98597-053-1. – EDN: QKGDKT
46. Хинкис Г. Л., Зайченко В. Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания). – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва. – Проспект. – 2009. – 171 с. – ISBN 5-98597-120-0. – EDN: QKINUY
47. Хинкис Г. Л., Зайченко В. Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической, картографической и кадастровой деятельности (термины и словосочетания) : учебное пособие для средних профессиональных заведений, по укрупненной группе профессий и специальностей 05.00.00 «Науки о Земле». 4-е изд., перераб. и доп. – Москва. – Проспект. – 2019. – 263 с. ISBN 978-5-98597-397-6
48. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр. Энциклопедия. В 2 томах / Под общ. ред. А. В. Бородко, В. П. Савиных. – Москва. – Геодезкартиздат. – 2008. – Т. 1: А-М. – 496 с. – Т. 2: Н- Я. – 464 с.
49. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю. Б. Баранов, А. М. Берлянт, Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарёв, Б. Б. Серапинас, Ю. А. Филиппов; Под ред. А. М. Берлянта и А. В. Кошкарёва. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
50. Цифровая картография и геоинформатика. Краткий терминологический словарь / Е. А. Жалковский, Е. И. Халугин, А. И. Комаров, Б. И. Серпуховитин. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999. – 48 с.
51. Кошкарёв А. В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: Учебно-справочное пособие. – Москва. – ИГЕМ РАН. – 2000. – 76 с.
52. РТМ 68-14-01. Спутниковая технология геодезических работ. Термины и определения. Утвержден приказом Роскартографии от 24 апреля 2001 г. № 93-пр. – М.: ЦНИИГАиК, 2001. – 28 с.
53. Справочник стандартных и употребляемых (распространенных) терминов по геодезии, картографии, топографии, геоинформационным системам, пространственным данным / В. Н. Александров, М. А. Базина, И. Г. Журкин, Л. В. Корнилова, В. Г. Плешков, Г. Г. Побединский, А. В. Ребрий, О. В. Тимкина. – М. – Братишка. – 2007. – 736 с. – ISBN: 978-5-91565-001-4. – EDN: XQTEWD
54. Шульгина О. В. Картография с основами топографии : словарь-справочник. Московский городской педагогический университет. – Москва. – Московский учебник. – 2001. – 271 с. – ISBN 5-8455-0016-8. – EDN: MJNZCD
55. Шульгина О. В. Картография с основами топографии. Словарь-справочник. – Изд. 2-е. – Москва. – ИНФРА-М. – 2023. – 229 с. – ISBN 978-5-16-017312-2. – DOI 10.12737/1842521. – EDN: HIRIAV
56. Мкртычян В. В. Электронный словарь геодезических терминов и определений для студентов специальности 6-05-0731-01 «Геодезия». – Минск. – Белорусский национальный технический университет. – 2023. – 102 с. [Электронный ресурс]. – Доступ: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/135402/EHlektronnyj_slovar.pdf
57. Кияткина И. Г. Geodetic & Cartographic Terms – Геодезические и картографические термины. – СПб. – Политехника. – 2017. – 152 с.: ил. ISBN 978-5-7325-1109-3
58. Словарь современных терминов. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр, дистанционное зондирование Земли / А. Е. Алтынов, И. П. Герасимов, В. В. Голубев и др. – Москва. – МИИГАиК. – 2019. – 368 с.
59. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»

Е. В. Правский¹✉

Общероссийские классификаторы как элемент информационного обеспечения картографирования промышленности

¹Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: epravskiy@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации (ОКВЭД 2, ОКПД 2, ОКТМО) как элемент информационного обеспечения картографирования промышленности. Отмечается, что данные о промышленности, предоставляемые Федеральной службой государственной статистики (Росстат) и другими ведомствами Российской Федерации, дифференцируются в соответствии с видами экономической деятельности и содержат обозначения группировок классификаторов ОКВЭД 2 и ОКПД 2. Определены разделы классификаторов ОКВЭД 2 и ОКПД 2, информацию которых предлагается использовать для создания карт промышленности. Установлено соответствие укрупненных отраслей промышленности и видов экономической деятельности, позволяющее систематизировать исходные данные при формировании тематической базы данных. Приведены примеры использования классификатора ОКТМО для геокодирования информации при разработке структуры тематической базы данных промышленности.

Ключевые слова: общероссийские классификаторы, картографирование промышленности, статистические данные, тематическая база данных

E. V. Pravsky¹✉

All-Russian classifiers as an element of information support for industrial mapping

¹Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation
e-mail: epravskiy@yandex.ru

Abstract. The All-Russian classifiers of technical, economic and social information (OKVED 2, OKPD 2, OKTMO) are considered as an element of information support for industrial mapping. It is noted that the industrial data provided by the Federal State Statistics Service (Rosstat) and other departments of the Russian Federation are differentiated according to the types of economic activity and contain the designations of the OKVED 2 and OKPD 2 classifier groupings. The sections of the OKVED 2 and OKPD 2 classifiers are defined, the information of which is proposed to be used to create industrial maps. The correspondence of the enlarged industries and types of economic activity has been established, which makes it possible to systematize the initial data when forming a thematic database. Examples of using the OKTMO classifier for geocoding information when developing the structure of an industrial thematic database are given.

Keywords: all-Russian classifiers, industrial mapping, statistical data, thematic database

Введение

Современное социально-экономическое картографирование, в том числе картографирование промышленности, характеризуется активным внедрением

способов автоматизированного создания карт соответствующей тематики. К их числу относят использование тематической базы данных, содержание которой должно представлять обобщение многих источников информации [1–3]. В связи с этим возникает потребность в строгой систематизации исходных данных, в число которых входят статистические показатели и сведения о промышленности, предоставляемые государственными органами Российской Федерации. Также актуальной является задача геопривязки используемых для создания карт статистической информации.

Неотъемлемой частью статистических данных являются обозначения группировок ряда общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации (далее – общероссийские классификаторы), использование которых определяется Федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Согласно данному правовому акту, общероссийские классификаторы представляют собой документы, распределяющие технико-экономическую и социальную информацию в соответствии с ее классификацией (классами, группами, видами и другим) и являющиеся обязательными для применения в государственных информационных системах и при межведомственном обмене информацией в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации [4].

Данные о промышленности, предоставляемые Федеральной службой государственной статистики (Росстат) и другими ведомствами Российской Федерации, дифференцируются в соответствии с видами экономической деятельности и содержат обозначения группировок следующих классификаторов:

- общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД 2) ОК 029-2014 (КДЕС Ред.2) [5];
- общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (ОКПД 2) ОК 034-2014 (КПЕС 2008) [6].

Следует отметить, что разработка обозначенных классификаторов была связана с переходом от национальной системы классификации промышленности к мировой [7]. Подобный фактор осложняет процесс формирования тематической базы данных, так как в картографировании промышленности используются отраслевое деление, восходящее к Общесоюзному классификатору отраслей народного хозяйства (ОКОНХ) ОК 1 75 018 [8]. Поэтому для обеспечения согласованности и систематизации содержания тематической базы данных промышленности, а также для соответствия данных государственным стандартам, представляется необходимым установления соответствий между отраслями промышленности и видами экономической деятельности.

Методы и материалы

В рамках настоящего исследования используются классификаторы видов экономической деятельности и их продукции (ОКВЭД 2, ОКПД 2), построенные на основе гармонизации с официальными версиями на русском языке следую-

щих европейских классификаторов: КДЕС Ред. 2 (Статистическая классификация видов экономической деятельности в Европейском экономическом сообществе) и КПЕС 2008 (Статистическая классификация продукции по видам деятельности в Европейском экономическом сообществе) соответственно.

В ОКВЭД 2 и ОКПД 2 использованы иерархический метод классификации и, соответственно, последовательный метод кодирования. Кодовое обозначение для идентификации группировок видов экономической деятельности (класс, подкласс, группа, подгруппа, вид) состоит из двух-шести цифровых знаков, для продукции по видам экономической деятельности вводятся еще категория и подкатегория, поэтому код увеличивается до девяти знаков. В качестве разделителя между кодами отдельных группировок используется точка. Также в классификаторы для обозначения разделов и сохранения преемственности с КДЕС Ред. 2 и КПЕС 2008 введены буквенные коды латинского алфавита, однако в построении уникальных шестизначных (ОКВЭД 2) и девятизначных (ОКПД 2) кодов они не участвуют. Следует отметить, что точное соответствие между классификаторами ОКВЭД 2 и ОКПД 2 возможно только для класса, подкласса и группы (первые четыре цифровых знака), для последующих группировок возможны расхождения.

Также в работе применяется Общероссийский классификатор территорий муниципальных образований (ОКТМО) ОК 033-2013 [9], который разработан для обеспечения систематизации и однозначной идентификации муниципальных образований и населенных пунктов РФ с обозначением структуры и уровней территориальной организации местного самоуправления. ОКТМО состоит из 8 томов, каждый из которых содержит сведения о конкретном федеральном округе и входящем в его состав административно-территориальных единицах: субъектах РФ, муниципальных образованиях, населенных пунктах.

В работе использовались открытые источники информации о промышленности, данные и показатели которых приведены (сгруппированы) по видам экономической деятельности в соответствии с ОКВЭД 2. Во-первых, это данные статистики Росстата, а именно единый ежегодный статистический сборник «Регионы России. Социально-экономические показатели» [10], во-вторых – каталог предприятий государственной информационной системы промышленности (ГИСП) [11].

Результаты и обсуждение

Для картографирования промышленности предлагается использовать информацию, содержащуюся в следующих разделах классификаторов ОКВЭД 2 и ОКПД 2: добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства; обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха; водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений.

В процессе исследования установлены соответствия между укрупненными отраслями промышленности и видами экономической деятельности (табл. 1). Причем, были учтены изменения, касающиеся структуры отраслей промышленности. Например, согласно работе [12], фармацевтику следует относить к хими-

ческой промышленности, а не медицинской, как это было реализовано в ОКОНХ.

Таблица 1

**Соответствие между укрупненными отраслями промышленности
и видами экономической деятельности (фрагмент)**

Наименование отрасли	Код ОКВЭД 2	Наименование вида экономической деятельности
Химическая и нефте-химическая промышленность	19	Производство кокса и нефтепродуктов
	20	Производство химических веществ и химических продуктов
	21	Производство лекарственных средств и материалов, применяемых в медицинских целях и ветеринарии
	22	Производство резиновых и пластмассовых изделий
Легкая промышленность	13	Производство текстильных изделий
	14	Производство одежды
	15	Производство кожи и изделий из кожи
Пищевая промышленность	10	Производство пищевых продуктов
	11	Производство напитков
	12	Производство табачных изделий

Предлагаемый подход позволяет при формировании тематической базы данных промышленности систематизировать исходные данные в соответствии с отраслевым делением промышленности. В дальнейшем это обеспечит автоматизированный выбор тематики создаваемых карт промышленности и определение изображаемых на них показателей для картографируемой территории.

Общероссийский классификатор ОКТМО при картографировании промышленности необходимо применять при разработке структуры тематической базы данных [1] для связи по коду ОКТМО как промышленных предприятий с населенными пунктами, в которых они размещены, так и статистических показателей промышленности с объектами административно-территориального деления (субъектов и муниципальных районов).

Заключение

Общероссийские классификаторы ОКВЭД 2, ОКПД 2, ОКТМО являются важной частью информационного обеспечения картографирования промышленности. Использование классификаторов видов экономической деятельности и их продукции способствуют систематизации используемой статистической информации и автоматизированному проектированию содержания отраслевых карт промышленности, в том числе мультимасштабных. Код ОКТМО для населенных пунктов и муниципальных образований применяется для геокодирования информации при разработке структуры тематической базы данных промышленности.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания FSFE-2023-0005 Минобрнауки России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крылов С. А. Совершенствование структуры баз данных для тематического и атласного картографирования // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 1, № 2. – С. 153–157.
2. Крылов С. А., Дубровина С. В. Формирование и преобразование тематической базы данных для создания автонавигационных карт // Геодезия и картография. – 2014. – № 8. – С. 31–34.
3. Прохорова Е. А., Семин В. Н. Картографические базы данных для социально-экономических карт // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2011. – № 3. – С. 33–39.
4. Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» (в ред. Федеральных законов от 05.04.2016 № 104-ФЗ, от 03.07.2016 № 296-ФЗ) // Президент России: официальный сайт. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/39815> (дата обращения: 27.04.2025)
5. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности: ОКВЭД 2: ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2) // Росстат: Общероссийские и ведомственные классификаторы. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/OKVED2.rar> (дата обращения: 15.04.2025).
6. Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности: ОКПД 2 : ОК 034-2014 (КПЕС 2008) // Росстат: Общероссийские и ведомственные классификаторы. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/OKPD2.rar> (дата обращения: 15.04.2025).
7. Социально-экономическая география: понятия и термины. Словарь-справочник. Отв. ред. А.П.Горкин. – Смоленск: Ойкумена, 2013. – 288 с.
8. Общесоюзный классификатор отраслей народного хозяйства: ОКОНХ: ОК 1 75 018 // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6198/ (дата обращения 27.04.2025)
9. Общероссийский классификатор территорий муниципальных образований: ОКТМО: ОК 033-2013 // Росстат: Общероссийские и ведомственные классификаторы. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Vved_k_OKTMO.docx (дата обращения 15.04.2025).
10. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: Стат. сб. / Росстат. – М., 2024. – 1081 с.
11. Государственная информационная система промышленности (ГИСП) [Электронный ресурс]: Каталог предприятий ГИСП. – URL: <https://gisp.gov.ru/company-catalog/> (дата обращения 28.04.2025).
12. Сокольский В. М. Отрасль промышленности как объект экономико-географического исследования (на примере химической индустрии) // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2011. – № 2. – С. 25–39.

© Е. В. Правский, 2025

Е. В. Правский¹✉, С. А. Крылов¹

Разработка справочно-поисковой системы изданных карт промышленности в атласах регионов России

¹Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: epravskiy@yandex.ru

Аннотация. Приведены факторы, влияющие на современное состояние картографирования промышленности. Для автоматизированного определения перечня карт промышленности и их содержания на регион Российской Федерации помимо исходных данных необходимо учитывать и опыт картографирования, который может быть представлен в виде справочно-поисковой системы изданных карт. Проанализирован большой массив атласов, находящихся как в открытом доступе, так и в фонде кафедры картографии МИИГАиК. Сформирована справочно-поисковая система изданных карт промышленности и экономических карт в атласах регионов России. Содержание сформированной справочно-поисковой системы позволяет оценить степень изученности каждого региона России, определить отраслевую структуру промышленности. Важное значение справочно-поисковая система имеет для проектирования тематического содержания мелкомасштабных уровней мультимасштабной карты. Предложены перспективы развития сформированной справочно-поисковой системы изданных карт промышленности.

Ключевые слова: карты промышленности, справочно-поисковая система, атлас, мультимасштабная карта

E. V. Pravsky¹✉, S. A. Krylov¹

Development of a reference and search system for published industry maps in atlases of Russian regions

¹Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russian Federation
e-mail: epravskiy@yandex.ru

Abstract. The factors influencing the current state of mapping industry are given. In order to automatically determine the list of industrial maps and their contents for the region of the Russian Federation, in addition to the initial data, it is necessary to take into account the mapping experience, which can be presented in the form of a reference and search engine for published maps. A large array of atlases has been analyzed, which are both publicly available and in the collection of the Department of Cartography of the MIIGAiK. A reference and search system of published maps of industry and economic maps in atlases of Russian regions has been created. The content of the formed reference and search system makes it possible to assess the degree of study of each region of Russia, to determine the sectoral structure of the industry. A reference and search engine is important for designing the thematic content of small-scale levels of a multi-scale map. The prospects of the development of the formed reference and search system of the published maps of the industry are considered.

Keywords: industrial maps, reference and search engine, atlas, multiscale map

Введение

На современное состояние картографирования промышленности влияют изменения в сфере экономики, включая трансформацию пространственной органи-

зации промышленного комплекса [1]; устаревание информации, содержащейся в раннее изданных картах; изменения информационных потребностей пользователей картографической продукции, повышение требований к скорости информационных запросов [2]. Как следствие, возникает потребность в оперативном обеспечении нужд науки и практики актуальной картографической информацией [3]. В основном определение тематики создаваемой карты промышленности и изображаемых на ней показателей происходит на основе анализа исходных данных. Однако в тематическом картографировании помимо исходных данных представляется целесообразным учитывать и опыт картографирования объекта или явления [4, 5], который может быть представлен в виде справочно-поисковой системы изданных карт. Следует отметить, что карты промышленности в основном представлены в мелком масштабе, размещены в атласах, большая доля которых приходится на региональные атласы. Опыт картографирования важен и для проектирования региональной тематической мультимасштабной карты, особенно для масштабов мельче 1:1 000 000. Таким образом, создание справочно-поисковой системы изданных карт промышленности в атласах регионов России является довольно востребованной задачей.

Методы и материалы

Данная статья опирается на разработки в области автоматизации атласного картографирования [4, 5] и на решения по формированию фонда картографических материалов [6–11].

Для формирования справочно-поисковой системы изданных карт промышленности проанализирован большой массив атласов, находящихся как в открытом доступе, так и в фонде кафедры картографии МИИГАиК (рис. 1). Содержание изученных атласов неоднородно. Некоторые из них представляют собой учебные издания. Как правило, перечень карт в подобного рода атласах ограничивается картами всей промышленности в целом и самых основных отраслей, с отображением на них наиболее общих показателей. В качестве примера можно привести Школьный географический атлас Республики Марий Эл [12], который содержит только одну общепромышленную карту. С другой стороны, содержание научно-справочных атласов характеризует промышленность с большей степенью полноты и подробности. Следует также отметить, что атласы некоторых субъектов Российской Федерации содержат только общеэкономические карты, которые не относятся к картам промышленности, но все-таки могут быть полезны при составлении карт подобного вида, так как содержат сведения о производственной сфере экономики. Кроме того, для некоторых регионов были найдены только атласы, изданные в советское время.

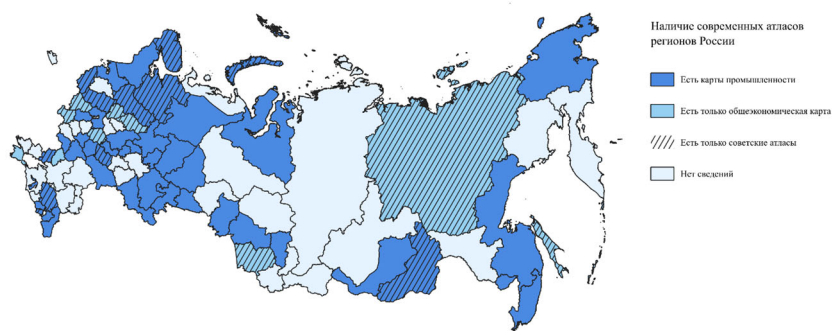


Рис. 1. Наличие карт промышленности в атласах регионов России

Результаты и обсуждение

По результатам исследования сформирована справочно-поисковая система изданных карт промышленности в атласах регионов России и Советского Союза. На сегодняшний день система содержит сведения о 322 картах промышленности, размещенных в 76 атласах 1933–2022 гг. издания (табл. 1), предполагается ее дальнейшее наполнение. Основное содержание справочной системы представлено в следующих полях: код региона, название атласа, наименование карты в атласе, масштаб карты. Следует отметить, что код региона дается в формате XXX.Y.ZZ, где XXX – код страны в соответствии с Общероссийским классификатором стран мира ОК (МК (ИСО 3166) 004-97) 025–2001 (ОКСМ), Y – тип субъекта (1 – республика, 2 – край и т.д.), ZZ – код субъекта согласно Общероссийскому классификатору территорий муниципальных образований (ОКТМО) ОК 033-2013.

Таблица 1

Справочно-поисковая система изданных карт промышленности в атласах регионов России (фрагмент)

Код региона	Атлас	Наименование карты	Масштаб карты
643.2.08	Атлас Хабаровского края 1995 г. [13]	Промышленность	1:7 000 000
		Топливо-энергетический комплекс	1:10 000 000
		Лесной комплекс	1:10 000 000
		Черная и цветная металлургия	1:15 000 000
		Рыбная промышленность	1:15 000 000
643.3.41	Атлас Ленинградской области 2022 г. [14]	Структура занятости в промышленности и строительстве	1:2 000 000
		Пищевая промышленность	1:2 000 000
		Машиностроение	1:2 000 000
		Химическая промышленность	1:3 000 000
		Металлургия и металлообработка	1:3 000 000
		Лесопромышленный комплекс и полиграфия	1:3 000 000
		Промышленность строительных материалов	1:3 000 000

В дальнейшем после разработки системы классификации и кодирования карт промышленности, учитывающей все критерии и многообразие карт, для каждой карты будет добавлен код. Это обеспечит интеграцию создаваемых карт с изданными картами такой же тематики, что позволит учитывать опыт как общепромышленного картографирования, так и картографирования каждой отрасли промышленности. Кроме того, на основе содержания сформированной справочно-поисковой системы можно будет оценить степень изученности каждого региона России, определить отраслевую структуру промышленности.

Заключение

Полученные результаты имеют практическую значимость для автоматизированного составления карт промышленности регионов России, в том числе мультимасштабных карт. Справочно-поисковая система изданных карт занимает значимое место в информационном обеспечении картографирования промышленности. Совместно с современными исходными данными на заданную территорию информация справочной системы позволит автоматизированно определить перечень карт промышленности, картографируемые объекты промышленности и статистические показатели. В дальнейшем планируется расширение содержания справочно-поисковой системы изданных карт путем добавления сведений о картах промышленности экономических районов, федеральных округов, России в целом, а также других государств (в первую очередь бывших республик СССР). В перспективе будет выполнена интеграция разработанной справочно-поисковой системы в картографический фонд кафедры картографии МИИГАиК.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках государственного задания FSFE-2023-0005 Минобрнауки России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гонтарь Н. В. Факторы и современные особенности размещения промышленного комплекса России – Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2013. – 124 с.
2. Прохорова Е.А. Социально-экономические карты: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения. — Москва: «КДУ», «Добросвет», 2018.
3. Дугарова Г. Б., Богданов В. Н. Социально-экономическое картографирование Восточных регионов России: тенденции и проблемы // География и природные ресурсы. – 2020. – № 1(160). – С. 155-165.
4. Крылов С.А., Загребин Г.И., Дворников А.В., Логинов Д.С., Фокин И.Е. Теоретические основы автоматизации процессов атласного картографирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – Т. 62. – № 3. – С. 283–293.
5. Крылов С. А., Загребин Г.И., Логинов Д. С. Подходы и решения по разработке оптимальной структуры комплексного регионального атласа // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 14–16 ноября 2018 года / Воронежский государственный университет. – Воронеж: ООО "Издательство "Научная книга", 2018. – С. 77-81.

6. Голяшева М. А. Особенности создания картографической информационно-поисковой системы для картфондов универсального профиля // Мир науки, культуры, образования. – 2014. – № 4 (47). – С. 405–408.
7. Голяшева М. А. Принципы разработки картографической информационно-поисковой системы Российской государственной библиотеки // Геодезия и картография. – 2013. – № 10. – С. 50–56
8. Загребин Г. И., Дворников А. В. Геопортал как средство хранения и поиска геопространственной информации в образовательной и научно-технической деятельности // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 175-178.
9. Загребин Г. И. Разработка методики автоматизированного определения математической основы изданных карт // Геодезия и картография. – 2016. – № 12. – С. 29-35.
10. Крылов С.А., Загребин Г.И., Дворников А.В., Логинов Д.С. Особенности организации поиска и отображения изданных карт и атласов с помощью геопорталов // От карты прошлого – к карте будущего: сб. науч. тр.: в 3 т. / отв. ред. С. В. Пьянков; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Т. 1. – С. 167 -176.
11. Логинов Д. С. Опыт создания и использования интерактивных картографических геоопорталов в геофизике // Геоинформационное картографирование в регионах России : материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 14–16 ноября 2018 года / Воронежский государственный университет. – Воронеж: ООО "Издательство "Научная книга", 2018. – С. 92-98.
12. Школьный географический атлас Республики Марий Эл (с комплектом контурных карт). — Йошкар-Ола: Поволжский гос. техн. ун-т, 2020. — 40 с.
13. Хабаровский край. Атлас. – Москва: Роскартография, 1995. – 48 с.
14. Атлас Ленинградской области / гл. ред. Д. А. Субетто. – Санкт-Петербург: Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2022. – 112 с.

© Е. В. Правский, С. А. Крылов, 2025

Н. В. Рыжаков^{1✉}, Д. А. Яковлев², З. А. Левадный²

Пространственный анализ типов пахотных почв Сибирского федерального округа

¹Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

²Новосибирский государственный аграрный университет,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: disgustingbollocks@gmail.com

Аннотация. В настоящей статье представлен подход к построению цифровой картографической модели пахотных почв Сибирского федерального округа (СФО) на примере Новосибирской области. Почвенный фонд СФО, как и в целом по стране, отличается высоким разнообразием. При подготовке к научным и производственным полевым работам важно учитывать это разнообразие сельскохозяйственных угодий. Актуальность исследования обусловлена отсутствием доступных пространственных данных о распределении типов почв на пахотных землях СФО, что затрудняет адаптацию агротехнических мероприятий к условиям конкретных территорий. Целью работы является создание цифровой карты распределения типов пахотных почв с использованием открытых данных о почвенных ресурсах и землепользовании. Предложенная модель позволяет определить площади и соотношения преобладающих типов почв на пахотной территории области. Это особенно важно для планирования технологий земледелия, оценки эксплуатационных характеристик сельскохозяйственной техники и адаптации системы земледелия к конкретным почвенным условиям. Разработанная модель обладает универсальным характером и может быть использована для пространственного анализа территорий различной площади и административной принадлежности.

Ключевые слова: цифровая почвенная картография, векторизация, данные дистанционного зондирования, цифровая картографическая модель местности, Новосибирская область, Сибирский федеральный округ

N. V. Ryzhakov^{1✉}, D. A. Yakovlev², Z. A. Levadnyi²

Spatial analysis of arable soil types in the Siberian Federal District

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation

²Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: disgustingbollocks@gmail.com

Abstract. This article presents an approach to developing a digital cartographic model of arable soils in the Siberian Federal District (SFD), using the Novosibirsk Region as a case study. The soil cover of the SFD, as in Russia as a whole, is highly diverse. It is essential to consider this diversity of agricultural land when preparing for scientific and production-related fieldwork. The relevance of the study is due to the lack of accessible spatial data on the distribution of soil types across arable lands in the SFD, which complicates the adaptation of agrotechnical practices to specific regional conditions. The aim of this work is to create a digital map of the distribution of arable soil types using open data on soil resources and land use. The proposed model makes it possible to determine the area and proportion of the predominant soil types within the arable lands of the region. This is particularly important for planning agricultural technologies, evaluating the performance characteristics of farming machinery, and adapting cropping systems to specific soil conditions. The developed model is

universal in nature and can be applied for spatial analysis in regions of various sizes and administrative statuses.

Keywords: digital soil mapping, vectorization, remote sensing data, digital terrain cartographic model, Novosibirsk Region, Siberian Federal District

Введение

Почвенный фонд Сибирского федерального округа, как и страны в целом достаточно разнообразен. В границах одного фермерского хозяйства могут встречаться различные типы почв. Как известно, при подготовке к научным и производственным полевым работам необходимо учитывать почвенное разнообразие сельскохозяйственных угодий. Данный факт связан с тем, что при проведении технологических операций по возделыванию культурных растений, тот или иной тип почвы по-своему оказывает влияние как на агротехнические требования, эксплуатационные показатели работы агрегатов, так и на широкий спектр других немаловажных агрономических факторов. В данной связи становятся актуальными вопросы определения соотношения площадей типов почв находящихся в границах сельскохозяйственных угодий. В соответствии с этим, целью данного исследования является определение состава типов почв пахотных земель Новосибирской области.

Методы и материалы

Для построения модели пространственного анализа были использованы картографические данные из коллекции “Sentinel-2 Land Use/Land Cover Time Series” за 2024 год [1]. При создании коллекции авторы использовали снимки второго уровня со спутника Sentinel-2 и модели компьютерного зрения для классификации поверхности Земли. В бесплатной версии вся территория на снимках поделена на 11 классов, один из которых отображает земли с посаженными человеком культурными растениями (за исключением культур, имеющих высоту древесной растительности). На рис. 1 отображены загруженные в программу QGIS снимки, полностью покрывающие территорию Новосибирской области, пикселями оранжевого цвета отмечены земли класса “Crops”

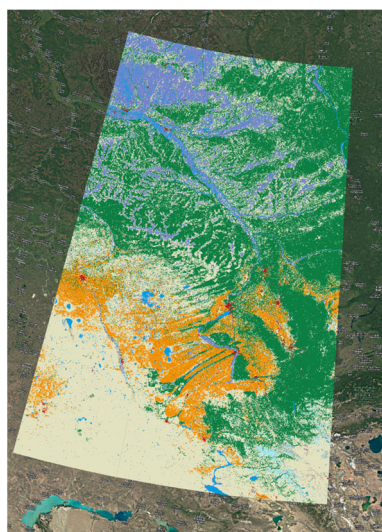


Рис. 1. Классифицированные снимки со спутника Sentinel-2.

Исследуемые снимки изначально представлены в универсальной проекции Меркатора (UTM) и разделены на 3 вытянутые в меридиональном направлении зоны – от 43 до 45. Для дальнейшей работы все снимки были переведены в единую систему координат (ESPG:4326 – WGS 84) с помощью встроенного в программу QGIS инструмента «Деформация (перепроцирование)». В качестве дополнительных параметров создания здесь (и далее, при наличии) был выбран профиль сжатия “Deflate” с целью снижения размера выходного файла.

Далее, объединенный слой был обрезан по территории Новосибирской области при помощи инструмента «Обрезать растр по маске». Векторный слой с границами исследуемого региона был получен на основе данных OpenStreetMap. На рис. 2 изображен результат обрезки.

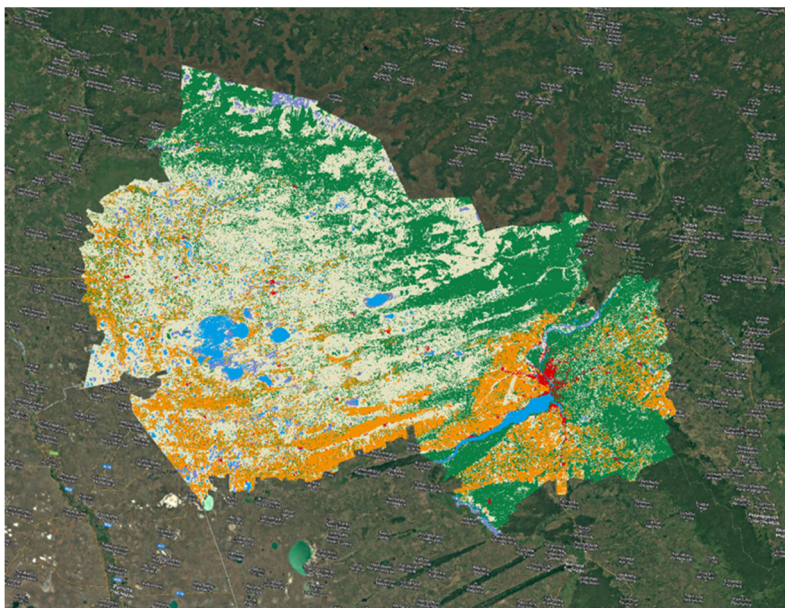


Рис. 2. Результат обрезки слоя по границам Новосибирской области.

Для построения нашей модели из пикселей 11 разных цветов нам нужны только пиксели со значением 5, которые отображают пахотные земли. Убрать остальные значения из растрового слоя можно с помощью встроенного в программу калькулятора растров. В качестве выражения была использована следующая формула:

$$\text{“Исходный_слой@1”} = 5, \quad (1)$$

где “Исходный_слой@1” – первый канал исходного слоя; 5 – значение пикселей, покрывающих территорию пахотных земель.

После завершения алгоритма появляется новый слой, в котором пахотные земли имеют значение 1, а вся остальная территория имеет значение 0. Результат обработки представлен на рис. 3.

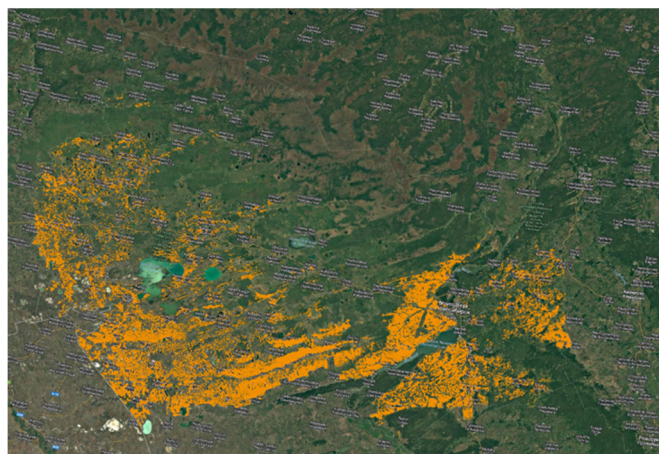


Рис. 3. Результат удаления ненужных значений с растрового слоя

После этого полученный слой был переведен в векторную форму при помощи инструмента «Создание полигонов (Растр в вектор)». Для дальнейшего построения модели необходима также почвенная карта, которая, в нашем случае, была взята с сайта Единого государственного реестра почвенных ресурсов России [2]. Для объединения обоих слоев мы воспользовались инструментом «Пересечение», который позволяет исходным полигонам из слоя с пахотными землями присвоить атрибуты с полигонов почвенной карты. В качестве исходного слоя в инструменте необходимо выбрать векторный слой с пахотными землями, в качестве пересекающего (Overlay layer) – слой почвенной карты.

В конечном итоге получился векторный слой с полигонами из слоя пахотных земель и атрибутивными значениями из слоя почвенной карты России. Как и у исходных слоев, система координат у выходного слоя – ESPG:4326 – WGS 84, которая хорошо подходит для наглядного отображения земной поверхности, однако, как географическая система координат, выражает их в градусах. Поскольку градусы не имеют фиксированного значения в метрах, значение длины одного градуса начинает изменяться при удалении от экватора. Для более точного подсчета площади векторный слой был перепроецирован в систему координат ESPG:6933 – WGS 84, которая в качестве единицы измерения использует метры, что позволяет более точно вычислить площадь полигональных объектов.

Площадь каждого отдельного полигона была подсчитана с помощью калькулятора полей, который можно найти во вкладке таблицы атрибутов. В качестве типа значения было выбрано «десятичное число», в поле выражения была введена формула:

$$\$/area/10000, \quad (2)$$

где $\$/area$ – команда для расчета площади в m^2 ; 10000 – коэффициент перевода m^2 в гектары.

После выполнения расчета в атрибутивной таблице должен появиться новый столбец с указанным ранее названием (в нашем случае «Area»), в котором будет отображаться площадь в гектарах.

Для последнего шага использовался модуль «Group stats» версии 2.2.7. скачанный при помощи каталога модулей в программе Qgis. На рис. 4 показаны настройки для получения таблицы с площадью, занимаемой конкретным видом почв. После калькуляции, в левом столбце «soil0» будет указан тип основной почвы (по прилагающийся к почвенной карте легенде), в правом – площадь в конкретного типа почв в гектарах.

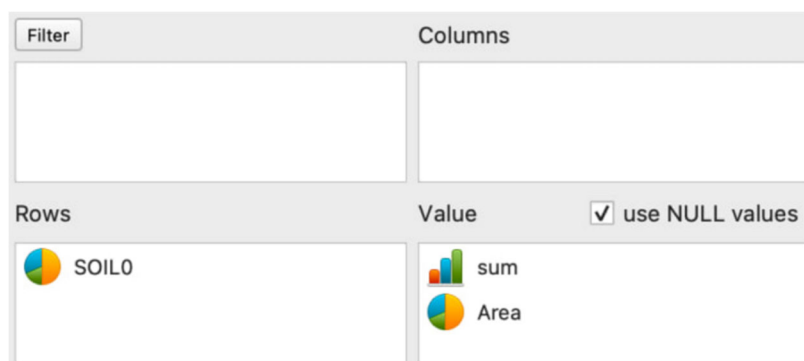


Рис. 4. Настройки модуля “Group Stats”, используемые для получения данных.

Результаты и обсуждение

При помощи данной модели удалось выявить пахотные земли на 29 разных типах почв, из которых всего 8 почв занимают более 3 % от общей площади пахотных земель исследуемого региона. Данные типы почв представлены на рис. 5.

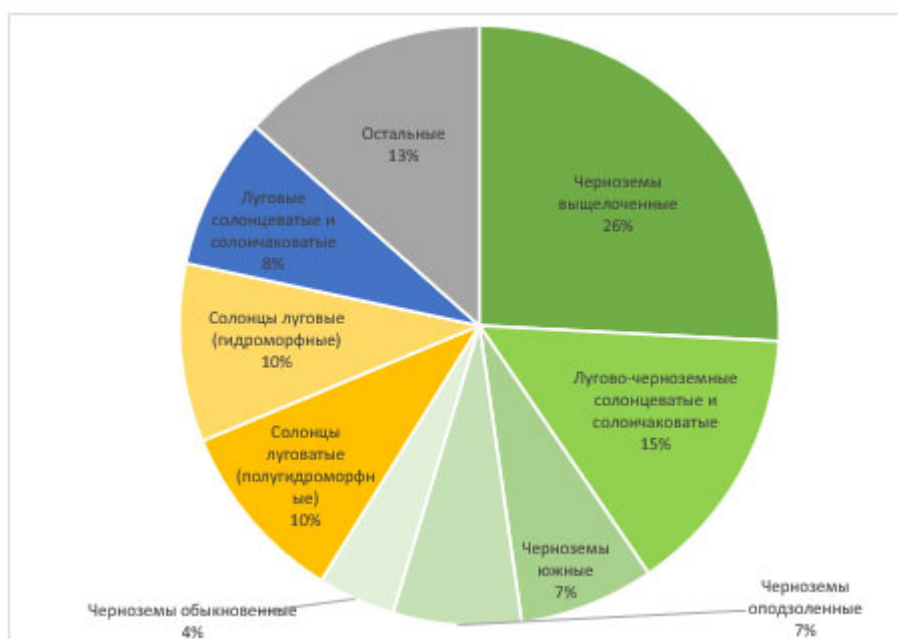


Рис. 5. Распределение пахотных земель Новосибирской области по типу почв, % от общей площади пахотных земель

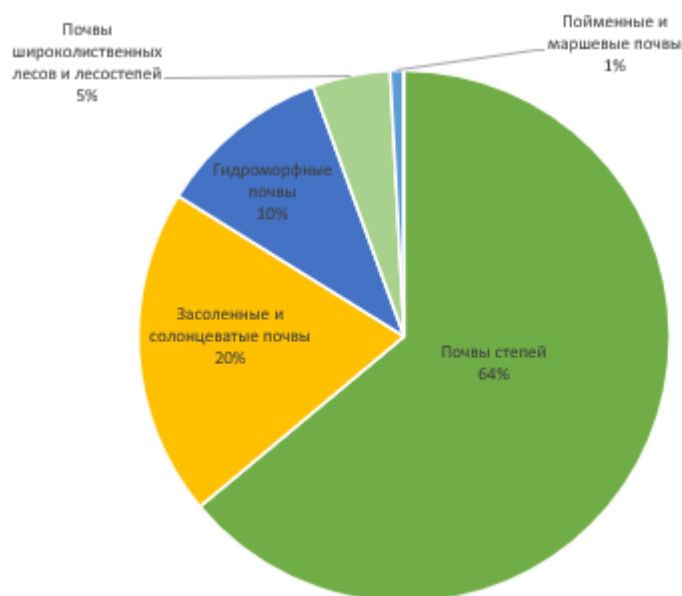


Рис. 6. Распределение пахотных земель Новосибирской области по зонам почв, % от общей площади пахотных земель.

Помимо калькуляции по типам почв был произведен расчет по зонам почв. Результаты представлены на рис. 6.

В результате построения модели самыми распространенными типами почв оказались Черноземы выщелоченные, составляя более четверти от всех пахотных земель. Помимо этого, большую часть территории пахотных земель занимают черноземы южные, оподзоленные и обыкновенные. В сумме разные типы черноземных почв составляют более 58 % от всей территории пахотных земель Новосибирской области. Также можно увидеть, что более чем 27% территории находится на почвах с солонцовым почвообразовательным процессом, который требует проведения мелиоративных мероприятий на полях для получения больших урожаев.

Если сравнивать пахотные земли по зональной принадлежности их типов почв, то можно обнаружить занятость большей части пахотной территории Новосибирской области почвами степной зоны – 64 % от общей площади пахотных земель. К этой зоне относятся все виды черноземов, включая лугово-черноземные типы почв. К зоне широколиственных лесов и лесостепей преимущественно относятся подтипы серых-лесных почв, а к зоне тайги и хвойно-широколиственных лесов – подтипы дерново-подзолистых типов почв. Однако, их доля в структуре посевных площадей области очень мала и суммарно составляет менее 6 % территории.

Заключение

Результатом предложенной методики является цифровая картографическая модель пахотных земель Новосибирской области. Сама модель универсальна и может использоваться в условиях других исходных данных как пахотных земель, так и почв на исследуемой территории. В результате посчитаны площади преоб-

ладающих типов почв пахотных земель и построены соотношения преобладающих типов почв на заданной территории, что поможет в дальнейшем наиболее рационально планировать мероприятия по возделыванию сельскохозяйственных культур за счет более точной адаптации технологий под определенные почвенные условия. Помимо этого, появляется возможность снижения трудозатрат при проведении научных исследований, имеющих привязку к конкретным почвенным особенностям изучаемой территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Классифицированная карта землепользования поверхности Земли на основе снимков спутника Sentinel-2 [Электронный ресурс] // Всеобъемлющая геопространственная платформа AcrGis. URL: <https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer/> (дата обращения: 19.05.2025)
2. Почвенная карта Российской Федерации в масштабе 1:2500000 [Электронный ресурс] // Единый государственный реестр почвенных ресурсов России, Версия 1.0, 2019. URL: <https://egrpr.esoil.ru/content/1DB.html> (дата обращения: 19.05.2025)
3. Бюллетень «Посевные площади Российской Федерации в 2024 году» [Электронный ресурс] // Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 19.05.2025)

© Н. В. Рыжаков, Д. А. Яковлев, З. А. Левадный, 2025

В. П. Ступин^{1✉}

Геоморфометрический ГИС-анализ ЦМР в интересах картографического мониторинга опасных геологических процессов горного хребта Хамар-Дабан

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация
e-mail: stupinigu@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты геоморфометрического анализа цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM на территорию хребта Хамар-Дабан средствами SAGA-GIS в интересах изучения, картографирования и мониторинга опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП). Проанализированы состав и возможности различных модулей SAGA-GIS по получению морфологических, гидрологических и микроклиматических геоморфометрических параметров рельефа. Приведена интерпретация полученных параметров с точки зрения их применения для качественной и количественной оценки спектра, пораженности, интенсивности и потенциальной опасности ЭГП на исследуемой территории.

Ключевые слова: ГИС-анализ ЦМР, геоморфометрия, картографирование ЭГП

V. P. Stupin^{1✉}

Geomorphometric GIS analysis of DEM in the interests of cartographic monitoring of hazardous geological processes in the Khamar-Daban mountain range

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation
e-mail: stupinigu@mail.ru

Abstract. The results of the geomorphometric analysis of the digital relief model (DEM) SRTM on the territory of the Khamar-Daban ridge using SAGA-GIS tools in the interests of studying, mapping and monitoring dangerous exogenous geological processes (EGP) are presented. The composition and capabilities of various SAGA-GIS modules for obtaining morphological, hydrological, and microclimatic geomorphometric terrain parameters are analyzed. The interpretation of the obtained parameters from the point of view of their application for qualitative and quantitative assessment of the spectrum, severity, intensity and potential danger of EGP in the studied area is given.

Keywords: GIS analysis of DEM, geomorphometry, EGP mapping

Введение

В пределах хребта Хамар-Дабан, расположенного вдоль южного берега озера Байкал, отмечается высокая степень пораженности и интенсивности опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) – эрозии, паводков, селей, обвалов, осыпей, оползней, снежных лавин, образования наледей, абразии и др. [1–3] Особенно уязвимыми являются прибрежные обжитые территории у подножия северного макросклона хребта, по которым проходят Транссибирская железнодорожная магистраль, Федеральная автомобильная трасса Р-258 «Байкал», линия

ЛЭП-500. Здесь же расположен ряд населенных пунктов, туристских баз и промышленных предприятий.

Одним из основных факторов возникновения и развития опасных ЭГП является рельеф, что и обуславливает необходимость его всестороннего изучения и анализа. Эффективными инструментами такого анализа являются методы геоморфометрии с использованием ГИС.

Геоморфометрия изучает теорию и практику аналитико-картографического анализа земной поверхности по ЦМР компьютерными средствами [4]. Она основана на достижениях геометрии поверхностей, топографии, геоморфологии и вычислительной техники. Геоморфометрические модули входят в состав любых ГИС и направлены на пространственный анализ и извлечение параметров (морфометрических, гидрологических, климатических и т. д.) и объектов (водоразделов, речных сетей, форм рельефа и т. д.) земной поверхности с использованием входной цифровой модели рельефа (ЦМР) и программного обеспечения для параметризации. Полученные данные используют при картографировании и моделировании геоморфологических и геологических процессов и явлений, изучении растительности и почв, землепользовании, ландшафтных исследованиях и т.п.

Методы и материалы

В ЦМР рельеф представлен отметками высот, определенных в узлах регулярной или нерегулярной сетки по формуле:

$$z = f(x, y) + e_1 + e_2 \quad (1)$$

где: $f(x, y)$ – функция представления высот через плановые координаты; e_1 – систематическая ошибка; e_2 – случайная ошибка. Чаще используются растровые регулярные модели (DEM), поскольку они имеют унифицированную пространственную структуру, используют более простые алгоритмы, лучше подходит для отображения экране дисплея и вывода на печать.

Существует много как региональных, так и глобальных моделей рельефа различного разрешения. В открытом доступе можно получить такие модели как ETOPO5 с разрешением 5'; GTOPO30 с разрешением 30"; GMTED 2010 с разрешением 30", 15" и 7,5"; SRTM с разрешением 1", 3" и 30"; Aster GDEM; ALOS World 3D с разрешением 1".

В нашем исследовании применялась DEM SRTM с шагом сетки: 1", 3", 30". Данные были получены с борта космического челнока «Индевор» в период с 11 по 22 февраля 2000 г. с использованием радарных систем C-SIR и X-SAR. Покрытие: 60° с.ш.– 56° ю.ш. Проекция и эллипсоид: долгота/широта на WGS 84. Разработчики – космические агентства США (NASA, USGA), Германии (DLR) и Италии. ЦМР SRTM C-SIR доступна для скачивания с сайта USGS.

В обработку выключены тайлы 57_02 и 58-02 ЦМР SRTM с шагом сетки 3" (разрешение 95 м). Обработка осуществлялась с использованием программы SAGA GIS 9.8.0 (64 bit). В этой программе в модуле «Mosaicking» была создана мозаика указанных тайлов, которая была обрезана до территории северного мак-

росклона хребта Хамар-Дабан в пределах южного побережья озера Байкал на протяжении 50 км от пос. Култук до р. Хара-Мурин (рис. 1).

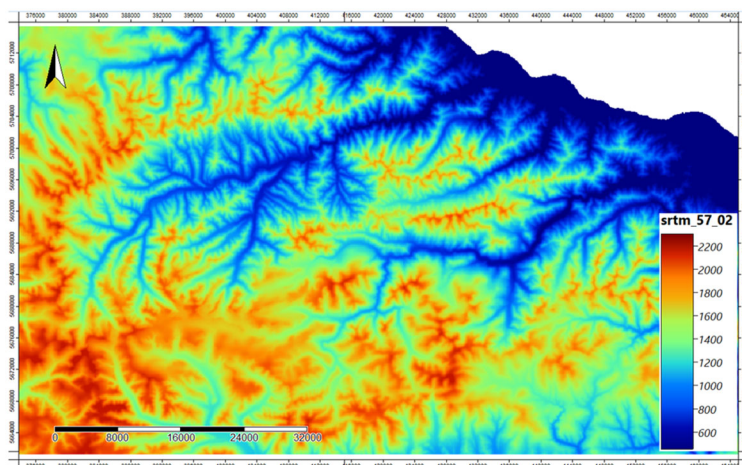


Рис. 1. Фрагмент DEM SRTM на территорию исследований

DEM по умолчанию отображается в Graduated Color представлении. Для отображения высотных поясов ее можно дискретизировать на соответствующие классы, количество и параметры которых определяются высотной поясностью.

Существует два метода геоморфометрического анализа DEM.

Первый подход основан на математической формализации земной поверхности, например, по формуле Эванса [5]:

$$z = Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F \quad (2)$$

Второй подход выполняет расчет показателя в пикселе с учетом его окружения с использованием скользящего окна.

Можно выделить три группы параметров, получаемых в ГИС по DEM в целях геоморфометрического анализа:

- морфологические параметры: крутизна, кривизна др., которые напрямую отображают морфологические особенности территории, определяющие направленность, скорость и интенсивность склоновых процессов под воздействием силы тяжести [6];

- гидрологические параметры: дренажные бассейны, сети тальвегов, различные индексы (топографический индекс влажности, индекс мощности линейной эрозии, индекс баланса геомасс), зоны потенциального затопления и др.), которые используются для оценки поверхностного стока, степени увлажнения почвы и условий перемещения обломочного материала;

- топографо-микроклиматические: экспозиция, потенциальная солнечная радиация, температура земной поверхности, воздействие ветра и др., которые определяют влияние земной поверхности на распределение солнечной радиации, характеристики температурного поля и выпадение осадков.

Морфологическая группа параметров геоморфометрического анализа включает, прежде всего, уклон, экспозицию и основные виды кривизны. Для их расчета используется модуль «Slope, Aspect, Curvature», который находится в группе инструментов «Terrain Analysis» Morphometry».

Наиболее востребованным параметром являются уклон, который характеризуют градиент поверхности, и выражается производной первого порядка. Карта уклона поверхности (S_T) отображает углы наклона в точке пересечения между горизонтальной плоскостью и плоскостью касательной к земной поверхности и определяется по формуле, учитывающей изменения уклона в пределах $0-90^\circ$ [7]:

$$S_T = \frac{360}{2\pi} \arctg \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \quad (3)$$

где x, y, z – соответственно, абсцисса, ордината и аппликата узла DEM.

Горизонтальная кривизна (k_h) – кривизна линии, образованной пересечением земной поверхности с плоскостью, перпендикулярной к направлению максимального градиента [8, 9]. Вычисляется по формуле:

$$k_h = \frac{q^2 \cdot r - 2p \cdot q \cdot s + p^2}{\sqrt{(1+p^2+q^2)^3}} \quad (4)$$

где: $p = \frac{\delta z}{\delta x}$; $q = \frac{\delta z}{\delta y}$; $r = \frac{\delta^2 z}{\delta x^2}$; $s = \frac{\delta^2 z}{\delta x \delta y}$; $t = \frac{\delta^2 z}{\delta y^2}$

Вертикальная кривизна (k_v) – кривизна линии, образованной пересечением земной поверхности и вертикальной плоскости [7]. Вычисляется по формуле:

$$k_v = \frac{p^2 \cdot r + 2p \cdot q \cdot s + q^2 \cdot t}{(p^2 + q^2) \sqrt{(1+p^2+q^2)^3}} \quad (5)$$

где значения p, q, r, s, t – те же, что и в (4).

Инструменты гидрологического моделирования выявляют линии стока, и их направление, что позволяет выделять водоразделы, тальвеги и их порядки, что позволяет вывести ряд важных морфодинамических характеристик водотоков. Предварительно на DEM обязательно выполняется заполнение локальных понижений (модуль «Fill Sinks»).

Дренажные бассейны и сети тальвегов в векторном формате строятся с использованием инструмента Channel Network and Drainage Basins. Одновременно создается растровая карта порядка водотоков по методу Штралера (1957). Сеть тальвегов формируется по принципу модели восьминаправленного стока (D8). Размерность сети задается опционально.

Инструмент Compound Basic Terrain Analysis позволяет получить параметры, связанные с гидрологией – миграцией вещества и энергии, перераспределением стока, потенциалом площадной и линейной эрозии [10] с помощью мо-

дулей Total Catchment Area (TCA), Topographic Wetness Index (TWI), SAGA Wetness Index, Mass Balance Index, LS.

Модуль TCA рассчитывает накопления потока и связанных с ним параметров, модуль TWI выявляет перераспределение влаги, модуль LSF – относительный показатель эрозии с учётом уклона и длины склона, модуль SPI используется для описания потенциальной энергии потока в данной точке рельефа.

Экспозиция (A_T) – угол по часовой стрелке между направлением на север и проекцией уклона на горизонтальную плоскость; фиксирует направление градиента земной поверхности [7]. Вычисляется по формуле:

$$A_T = 270 - \frac{360}{2\pi} \arctg \left(\frac{\partial z}{\partial y} / \frac{\partial z}{\partial x} \right) \quad (6)$$

где x , y , z – абсцисса, ордината и аппликата узла DEM.

Среди топографо-микrokлиматических параметров выделим индекс ветровой экспозиции (WEI) и индекс потенциальной солнечной радиации (PISR). WEI определяет средний индекс эффекта ветра для всех направлений с шагом в 15° и расстоянием поиска 300 км, а PISR – расчет потенциальной поступающей солнечной радиации [11].

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования на территорию северного макрослона хребта Хамар-Дабан по DEM SRTM были построены и проанализированы рассмотренные выше геоморфометрические карты, представить иллюстрации которых не позволяет объем данной статьи.

Совместный анализ полученных карт, аэрокосмических снимков и научно-справочных материалов позволил сделать ряд выводов по связи морфологических и морфометрических характеристик рельефа со спектром, пораженностью и интенсивностью ЭГП исследуемой территории.

Так, карты уклонов позволяют локализовать, определяет характер и оценить интенсивность рельефообразующих факторов на склоне, а именно:

- характер поверхностного стока и дренирования;
- линейную эрозию, которая заметно проявляется при уклонах $8-9^\circ$;
- наличие и примерную мощность чехла рыхлых склоновых отложений;
- величину инсоляции, определяющей микrokлиматические особенности склона (температуру, влажность, мощность деятельного слоя).

На исследуемой территории также выявлена зависимость между крутизной склонов и типом ведущих ЭГП, развивающихся на этих склонах

Обвалы и осыпи происходят на склонах круче 40° . Абсолютное большинство лавин сходит на углах наклона между 25° и 60° , а их максимальное количество приходится на углы $35-40^\circ$. Для возникновения селей необходима крутизна склона в верхней части $25-30^\circ$, в нижней – $8-15^\circ$. При меньших уклонах движение селей затухает.

Высотная поясность обуславливает дифференциацию ЭГП по абсолютным высотам, виды и спектр ведущих процессов, а также их направленность, степень пораженности и интенсивность. На исследуемой территории обоснованы, выделены, и построены по ЦМР пять высотных морфодинамических поясов: прибрежно-равнинный, предгорно-равнинный, предгорный, низкогорный, подгольцовый и гольцовый.

Для прибрежно-равнинного пояса (456–550 м) ведущими ЭГП являются абразия берегов Байкала, флювиальная аккумуляция, паводки, селевые выбросы, образование наледей, фитогенные болотные процессы, а также техногенная трансформация рельефа. Антропогенная нарушенность высокая.

В пределах предгорно-равнинного пояса (550–700 м) преобладают флювиальная эрозия и аккумуляция, проходят долинные сели, а также активны техногенные процессы. Антропогенная нарушенность высокая.

В предгорном поясе (700–900 м) развиты флювиальные денудационные и аккумулятивные процессы, проходят долинные сели, а также гравитационные процессы. Антропогенная нарушенность средняя.

В низкогорном поясе (700–1200 м) господствуют флювиальные денудационные гравитационные процессы, криогенные процессы, крип, оползни, склоновые сели, осыпи, сплывы. Антропогенная нарушенность низкая.

В подгольцовом поясе (1200–1500 м) развиты гравитационные, криогенные, флювиальные денудационные процессы, лавины, курумы. Антропогенная нарушенность отсутствует.

Наконец, в гольцовом поясе (от 1500 м и до максимальной высоты 2123 м) имеют место преимущественно гравитационные (обвалы, осыпи, лавины) и криогенные (морозное выветривание) процессы, элювиальные, курумы, крип. Антропогенная нарушенность отсутствует.

Горизонтальная кривизна выявляет выпуклые и вогнутые поверхности, которые формируют, дивергентный или конвергентный рисунок линий тока вещества и энергии под действием силы тяжести, т.е. определяют, соответственно, области денудации и аккумуляции.

Вертикальная кривизна описывает градиент уклона и отображает выпуклые (вогнутые) в профиле поверхности, для которых свойственно ускорение (замедление), т.е. преобладание денудации (аккумуляции). Чехол рыхлых отложений, а также снежный покров на крутых выпуклых склонах испытывают растягивающие напряжения, что делает такие склоны наиболее благоприятными для, формирования оползней и схода снежных лавин.

Установлено, что порядок водотоков при пороговом значении Threshold равном 4 лучше всего соответствует положениям бассейновой концепции [12]. При таком пороге реки Снежная и Хара-Мурин и Утулик имеют V порядок, Максимиha, Мантуриха и Мишиха – IV порядок, прочие постоянные водотоки занимают тальвеги III порядка и часть тальвегов II порядка. Остальные тальвеги II порядка и почти все тальвеги I порядка занимают временные, пересыхающие водотоки. Анализ гидросети позволяет выявить территории с преобладающим

плоскостным смывом, тальвеги, по которым сходят склоновые сели, тальвеги, потенциально опасные с точки зрения прохождения паводков.

Анализ водосборов позволяет оценить запасы накапливаемой дождевой и талой воды и рассчитать вероятность, расход и скорость движения паводковых вод, а также определить потенциал линейной эрозии.

Экспозиция характеризует направление линий тока под действием силы тяжести вниз по склону. Также она определяет ориентацию склонов по отношению к потоку солнечных лучей, т.е. их инсоляцию, что в конечном счете влияет на микроклимат склонов – температуру, влажность, испарение, мощность деятельного слоя, растительность. На территории исследований склоны южной экспозиции прогреваются лучше, чем северной. Также важно направление господствующих ветров. На Хамар-Дабане, при прочих равных, в зависимости от ветра наиболее опасны склоны северо-восточных и восточных экспозиций, что связано с преобладанием юго-западных и западных ветров и накоплением снега на подветренных склонах северо-восточных экспозиций.

Индексные карты позволяют выявить селеопасные русла и бассейны, перераспределение влаги по водосборам, оценить эрозионный потенциал рельефа и защитный потенциал растительного покрова, а также области, находящиеся на ветру или имеющие разный температурный режим земной поверхности, что определяет тип и интенсивность выветривания и характеристики мерзлых грунтов.

Заключение

Геоморфометрический анализ DEM свободного доступа средствами ГИС с открытым кодом позволяет получить оперативные, объективные, количественные и геопривязанные параметры рельефа. Полученные параметры позволяют создать качественную картографическую основу для изучения, анализа и картографирования ЭПП обширных и труднодоступных территорий, к которым относится и хребет Хамар-Дабан.

Достоверность и информационные возможности такой основы возрастают, если полученные данные дополнены гидрологическими и топографо-микроклиматическими параметрами рельефа, которые также могут быть получены по DEM средствами ГИС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров С.А. Склоновые рельефообразующие процессы в таежной зоне хребта Хамар-Дабан // Генезис рельефа. Иркутск, 1995. – С. 131-133 // Геориск, 2020, том XIV, №2, С. 78-87.
2. Ступин В.П., Пластинин Л.А., Олзоев Б.Н. Возможности материалов дистанционного зондирования как информационной основы картографирования селевой опасности Байкальской горной страны // Геориск, 2020, том XIV, №2, С. 78-87.
3. Рыбченко А.А., Кадетова А.В., Юрьев А.А. Селевые паводки северного склона хребта Хамар-Дабан в 2019 году. В сб.: Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. Труды 7-й Международной конференции (Чэнду, Китай). – Отв. ред. С.С. Черноморец, К. Ху, К.С. Висхаджиева. – М.: ООО «Геомаркетинг», 2024, с. 591-595.].

4. Флоринский И.В. Иллюстрированное введение в геоморфометрию // Альманах «Пространство и время». – 2016. – Т. 11. – Вып. 1. – 20 с
5. Evans I.S. "General Geomorphometry, Derivations of Altitude, and Descriptive Statistics." *Spatial Analysis in Geomorphology*. London: Methuen, 1972, pp. 17-90.
6. Evans I.S. Statistical Characterization of Altitude Matrices by Computer. An Integrated System of Terrain Analysis and Slope Mapping. The Final Report on Grant DA-ERO-591-73-G0040. Durham: University of Durham, 1979. 192 p.
7. Шарый П.А. Топографический метод вторых производных // Геометрия структур земной поверхности. Пущино: ПНЦ АН СССР, 1991. С. 30-60.
8. Shary P.A., Sharaya L.S., Mitusov A.V. "Fundamental Quantitative Methods of Land Surface Analysis." *Geoderma* 107.1–2 (2002): 1-32.
9. Krcho J. "Teoretická koncepcia a interdisciplinárne aplikácie komplexného digitálneho modelu reliéfu pri modelovaní dvojdimenzionálnych polí." *Geografický Časopis* 35.3 (1983): 265-291.
10. Conrad, O. (2005): Digitale Reliefanalyse in der multimedialen Lehre. *Arbeitsberichte des Geographischen Instituts der Humboldt-Universität zu Berlin*, Bd.109, S.37-47.
11. Böhner, J., Antonic, O. (2009): Land-surface parameters specific to topo-climatology. In: Hengl, T., Reuter, H. [Eds.]: *Geomorphometry - Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science*, Volume 33, p.195-226, Elsevier.
12. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2001. – 163 с.

© В. П. Ступин, 2025

Е. С. Утробина^{1✉}, А. А. Утробин², Т. Г. Козлитина¹

К вопросу о разработке электронной карты семиотических иероглифических китайских названий

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация

²Восточно-Сибирский государственный институт культуры,
г. Улан-Уде, Российская Федерация
e-mail: yes1976@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены отдельные вопросы разработки электронной карты иероглифических китайских названий. Каждый язык имеет свою языковую картину мира, в соответствии с которой организует свою речь, и в связи, с которой у народа складывается специфическое восприятие мира, как некая исторически сложившаяся совокупность представлений о нем. Поэтому изучая другой язык можно узнать и иную точку зрения о выработавшемся у другого народа мироустройстве, его представление о природе, людях, культуре и т. д. В статье рассматривается обоснование исследования семантики иероглифических китайских названий стран и необходимость представления этого исследования с помощью карты, которая может служить не только материалом визуализации осуществляемого исследования, но и дополнительного выполнять познавательную функцию для широкого круга потребителей. Также в статье приводится семантика некоторых названий Азиатских стран и описываются первые экспериментальные работы по созданию электронной карты, в том числе предполагаемая структура семантического наполнения базы данных разрабатываемой карты.

Ключевые слова: электронная карта, семиотика, китайские названия стран, топонимика

E. S. Utrobina^{1✉}, A. A. Utrobin², T. G. Kozlitina²

On the issue of developing an electronic map of semiotic Chinese hieroglyphic names

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²East Siberian State Institute of Culture, Ulan-Ude, Russian Federation
e-mail: yes1976@yandex.ru

Abstract. This article discusses some issues related to the development of an electronic map of Chinese hieroglyphic names. Each language has its own linguistic picture of the world, according to which it organizes its speech, and in connection with which the people have a specific perception of the world, as a kind of historically formed set of ideas about it. Therefore, by studying another language, you can learn a different point of view about the world order developed by another people, their understanding of nature, people, culture, etc. The article discusses the rationale for the study of the semantics of Chinese hieroglyphic names of countries and the need to present this study using a map that can serve not only as a visualization material for the study, but also as an additional cognitive function for a wide range of consumers. The article also provides the semantics of some names of Asian countries and describes the first experimental work on creating an electronic map, including the proposed structure of the semantic content of the database of the map being developed.

Keywords: electronic map, semiotics, Chinese country names, toponymy

Введение

В последние время в России возрос интерес к изучению китайского языка, в связи с этим в сети Интернет появились различные работы, связанные с переводом топонимов с китайского языка на русский, как буквальные – из праздной заинтересованности, так и исследовательские смысловые с анализом разных значений трактовок иероглифов. На сегодняшний день это представляет особый интерес так как всегда любопытно узнать, как звучит название страны и других топографических объектов местности на другом языке, а также что это означает и какую смысловую нагрузку несет то или другое наименование. Следует помнить, что топонимы – это не просто названия географических объектов местности, они являются частью языковой системы. Кроме того, в лингвистических исследованиях они часто рассматриваются как носители географических и культурно-исторических ассоциаций, в языковой картине мира. Их можно анализировать с точки зрения изучения мировоззрения другого народа, иногда их рассматривают как культурный код (в контексте народа и времени) [1–4]. Каждый язык имеет свою языковую картину мира, в соответствии с которой организует свою речь, и в связи, с которой у народа складывается специфическое восприятие мира и исторически сложившаяся совокупность представлений о нем. Поэтому изучая другой язык можно узнать и иную точку зрения о мироустройстве, представления о природе, людях, культуре и т. д., а также проследить исторические параллели между наименованием местности и происходившими здесь событиями, именно поэтому топонимические исследования вызывают широкий интерес и становятся все более популярными в современном обществе.

Китайский язык наделяет названия стран определенной семантикой, это отражает восприятие и отношение к различным народам древних жителей Китая. В связи с этим исследование семиотических значений китайских названий является актуальным в плане изучения историко-культурного наследия, а также популяризации этих знаний для познавательного изучения культуры Китая [3–7]. Причем наиболее удобным и наглядным способом передачи топонимического изучения китайских названий и семантического их описания может служить карта. Карта поможет в исследовании лингвистики посредством рассмотрения семиотических названий стран, а также в визуализации собранных данных, позволит их систематизировать, и использовать для анализа культурно-исторических закономерностей.

Цель исследования состоит в изучении вопроса разработки электронной карты семиотических иероглифических китайских названий.

На начальном этапе необходимо решить следующие задачи:

- исследовать топонимику названия стран, представленных на китайском языке (на китайских картах) с позиции семантики в контексте истории и культуры;
- выполнить экспериментальный образец для визуализации результатов исследования на карте.

Методы и материалы

Для решения поставленных задач использовались картографический и лингвистический методы исследования, а также семиотический анализ [8–9].

Разберем основные лингвистические понятия. Семантика – раздел лингвистики, изучающий значение языковых единиц. Она позволяет дать ответ на вопрос, как человек может передать с использованием грамматических правил, информацию о мире и понимать ее [10]. Китайский иероглиф несет в себе определенный смысл, он часто отражает философские взгляды и культурные особенности, именно поэтому изучение семантики географических названий является важным аспектом межкультурной коммуникации и понимания мирового культурного наследия. Также с изучением семантики тесно связана ономастика, которая рассматривается как раздел языкознания, исследующий слова языка как собственные названия определённых явлений или предметов. Она способна передавать исторические, географические, культурологические, этнографические, социологические и литературоведческие компоненты, позволяющие выявлять специфику исследуемых объектов, традиции. Считается что собственные имена могут служить хронологизаторами исторических событий, так как сохраняют в себе свидетельства состояния языка той эпохи, в которую они произошли. Эту сохранившуюся языковую и неязыковую информацию, возможно получить только с использованием лингвистических методов исследования [10]. Топонимика – раздел ономастики, изучающий географические названия, закономерности их возникновения и развития, смысловое значение, современное состояние, написание и произношение [10].

Обсуждение

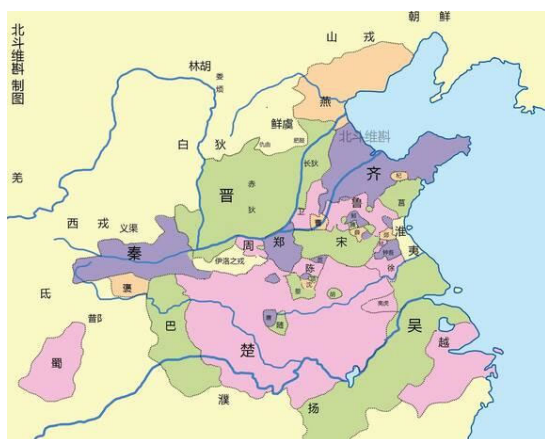
В процессе выполнения исследования выполнен семантический разбор китайских иероглифов, стран Азиатской части Мира. Приведем несколько примеров разборов названий стран на китайских картах.

Название Китая на китайском языке 中国 (*Zhōngguó*) дословно переводится как «Срединное государство». Название напрямую отражает древнюю китайскую идею «Поднебесной». Китайская цивилизация зародилась в бассейне рек **Хуанхэ** и **Янцзы**, окруженном горами и реками. По сравнению с другими очагами древних цивилизаций (Египет, Междуречье, Индия), Китай был более изолирован. Изолированность способствовала формированию идей о центре мира – месте, которое благословлено небом, и ханьцы (китайцы), проживающие на этой территории, рассматривались, как самые образованные и цивилизованные, а окружающие народы, как «варвары» [11] (рис. 1).

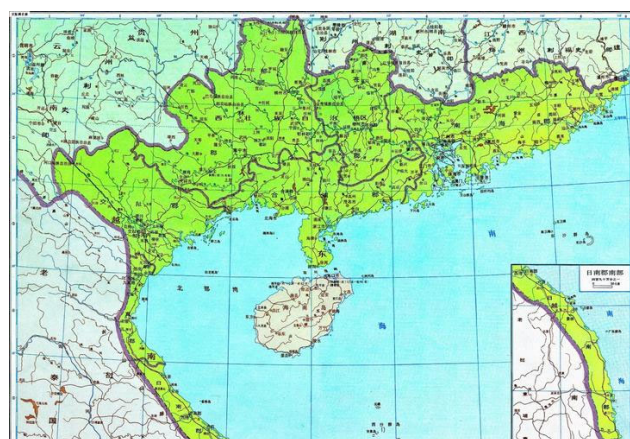


Рис. 1. Зарождение китайской цивилизации на карте [12]

Китайское название Вьетнам «越南» (Yuènnán), дословно переводится «Южнее Юэ». Изначально предполагалось, что Юэ отсылает к царству Юэ, в период китайской эпохи «Борющихся царств» 476–221 г. до н.э. (рис. 2 а). Однако на этой территории проживали различные народы, в том числе и предки вьетнамцев. Китайцы называли эту землю и народ – Юэ. В 207 г. до н.э. на этой территории возникло государство Наньюэ (南越), основанное китайским генералом Чжао То. В 111 году до н.э. во времена династии Хань северная часть Вьетнама стала частью китайской империи под другим названием (рис. 3 б).



а)



б)

Рис. 2. Вьетнам – 越 а) Территория царства Юэ. Розовый б) Северная часть Вьетнама часть китайской империи [13, 14]

В 1802 г. император Нгуен Фук Ань обратился к китайскому императору Цзяцину с просьбой признать его титул и новое название страны – «Наньюэ». Но

китайская аристократия отказала ему, по причине того, что «Наньюэ» ассоциировалось с древним царством, которое включало части Китая на эти территории. Вместо этого китайский император поменял иероглифы местами и предложил название «Юэнань» (越南), что означает к югу от Юэ. Эти жестом Цзясин, как бы обозначил, что страна находится за пределами исторических китайских земель.

Для того чтобы понимать китайское название Кореи 韩国 (Hánguó), нужно рассмотреть ее историю. Историю Кореи можно разделить на несколько периодов.

В древний период – «трех Королевств» ближе к Китаю, существовало государство Когуре. Китай, опираясь на название этого королевства, называл Корейский полуостров 高丽 (Gāolí). Однако позже, когда Ли Сон Ге основал Чосон (조선), Китай начал использовать название 朝鲜 (Cháoxiǎn), что означает Утренняя свежесть (отсюда и северокорейское Чосон).

В конце XIX – начале XX века, После победы Японии над Китаем 1894-1895 гг., Корея оказалась в сложном положении и авторитет правящей корейской династии пошатнулся, в 1897 была провозглашена Корейская империя и в обиход вошло название 大韩帝国 (Dàhán Dìguó) Великая Корейская империя (1897–1910 гг.). Хотя иероглиф 韩 (Hán) исторически китайский, в Корею он ассоциируется с древним племенем Хан (한, 韓), жившим на юге полуострова.

После разделения Кореи за Южной Корея официально закрепилось название 大韩民国 (Dàhán Mínguó) – Республика Корея, или 韩国 (Hánguó). Северная Корея в китайском 朝鲜 (Cháoxiǎn), сохраняет историческое название. Китайский язык часто использует односложные обозначения для стран, и 韩 (Hán) стало удобным сокращением [11–14].

Страна Россия 俄罗斯 (Éluósī) – это китайская адаптация слова «Россия», но с интересной историей. Название пришло в китайский язык не напрямую из русского, а через **монгольский**, из-за чего название получило необычное звучание. В XIII–XIV веках, русские княжества были известны монголам как **«Орос»**, это слово отсылало к древнерусскому слову **«Русь»**. Монголы передали это название китайцам в форме **«Улосы»**, что позже трансформировалось в **«Элосы»** и китайцы записали это как 俄罗斯 (Éluósī), добавив иероглиф 俄 (é), который сам по себе означает «внезапный» или «быстрый», но здесь используется только для передачи звука [11–16].

Помимо этого, в китайском языке, Россия в разное время переводится по-разному. Самые известные названия, приведены и систематизированы в таблице 1.

Результат

Для систематизации информации, связанной с семиотическим представлением названий стран сформирована база данных электронной карты, структура

которой представлена в таблице 1. База данных необходима для сбора, хранения и представления на карте семантики названий стран, при необходимости ее можно расширять и дорабатывать.

Таблица 1

Структура сбора и хранения информации [11–16].

Название страны на русском языке	Россия		
Китайский иероглиф	罗刹	老毛子	战斗民族
Пининь (транскрипция)	luóshā	lǎomáozi	zhàndòu mínzú
Перевод	«Сеть и демон»	«Старые волосы»	«Воинствующая нация»
Значение	Слово имеет 2 значения Первое значение «ракшас» демоны в индуизме и буддизме. Помимо этого «Луоша», устаревшее название произошедшее слово через монгольское «Орос» – Русь.	Отсылка к внешнему виду русских казаков и купцов, на их густые бороды	Название отсылает к стереотипу о суровости и воинственности русских.
Первое упоминание в истории	В XVII веке в эпоху Цин	В XVII веке, в северных районах Китая.	Доподлинно точно не известно, когда возник, но приобрел популярность в 2000-е гг. в интернете
	Помимо этого, в китайских документах XVII-XIX это название ассоциировалось с буддистскими (ракшасы). в негативном ключе использовался в период конфликтов. Помимо этого, это можно перевести как ракшас (демон в Буддизме), что отражало настороженное восприятие русских.	Название произошло на севере Китая связано с внешним видом русских купцов и казаков	Название отсылает к стереотипу о суровости и воинственности русских.
Связанные исторические события	Через монголов китайцы узнали тюркское название Руси – Орос. Казаки, осваивающие Сибирь также рассматривались как чужаки.	В XIX веке это прозвище распространилось на всех русских, участвовавших в Опиумных войнах	Название отсылает к победе в Отечественной войне 1812 г. и во Второй мировой войне 1945 г.

В настоящее время структура базы данных состоит из разделов: название страны русское, китайское, транскрипция, перевод, значение, первое упоминание, связанные исторические события. Такая структура представления данных

позволяет систематизировать исследование и дает возможность добавления и изучения иных топонимов. Сведения о названиях, занесенные в таблицу, будут визуализироваться на карте, таким образом пользователь сможет получить подробную целостную семантическую характеристику.

Для разработки электронной карты и ведения базы данных было выбрано свободно распространяемое программное обеспечение QGIS [17, 18]. В качестве картографической основы были использованы административные границы стран, взятые из некоммерческого веб-картографического проекта – OpenStreetMap's [19, 20]. Оформление стран выполнено разными цветовыми оттенками, как на политических картах мира.

Для публикации карты QGIS в сети Интернет, применяется дополнительный модуль Qgis2web [21, 22]. Настройка использования карты, выполнена таким образом, чтобы пользователь при наведении курсора на страну мог прочитать информацию, собранную и систематизированную в базе данных (рис. 3).

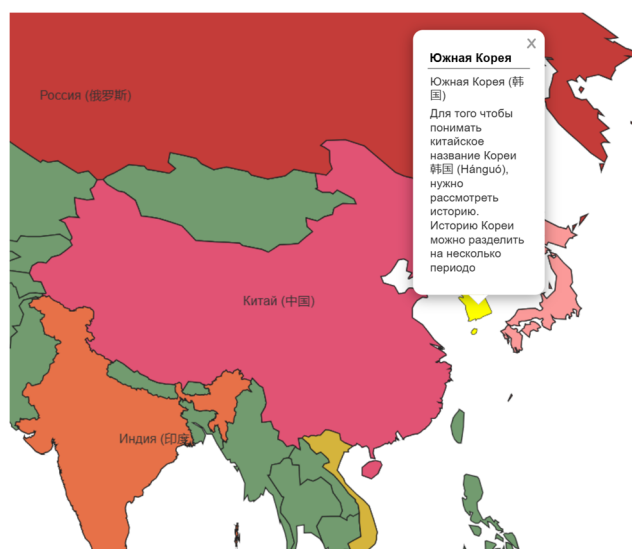


Рис. 3. Фрагмент Азиатской части электронной карты семиотических иероглифических китайских названий

Заключение

В результате проведенного исследования с позиции семантики рассмотрены китайские иероглифы отображающие названия стран, в том числе и передающие уникальные смыслы и ассоциации, которые изменяют и дополняют эти названия. В процессе исследования выявлено, что в большинстве случаев китайские названия подчеркивают исторические и культурные аспекты, но в некоторых случаях и географические особенности, что делает название каждой страны уникальной. Результаты семантического разбора нашли отражение на экспериментальном фрагменте электронной карты сематических иероглифических китайских названий. Фрагмент карты позволяет визуализировать структурированную информацию, полученную в процессе исследования. Необходимо отметить, что для окончательного создания карты еще предстоит выполнить ряд разработок, касаю-

щихся, более детальной проработки содержания, оформления, структурирования базы данных подразумевающей внесения дополнений и иллюстраций, разработки условных обозначений, которые будут позволять осуществлять доступ к дополнительным сведениям об объектах, разработки интерфейса карты, вопросов адаптации отображения карты как в сети Интернет, так и на мобильных устройствах и т. д., для использования ее широким кругом потребителей.

Предполагается, что разрабатываемая карта может иметь несколько вариантов использования, например: в социальных сетях – как познавательный контент для широкой аудитории; в мобильных приложениях – в качестве интерактивного справочника, помогающего пользователям глубже изучить историю происхождения названий стран; в образовательных целях – дополнительным учебным материалом позволяющим дополнительно рассмотреть историко-культурную составляющую изучаемого региона. Все это благодаря своей наглядности и простоте использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королева, И. А. Топонимы как свернутый лингвокультурный код // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2015. – № 8. – С. 31-38.
2. Языкова А.А. Функционально-семантическая характеристика китайских топонимов // Вестник Бурятского государственного университета. Язык. Литература. Культура, 2018. – № 9. – 340 с.
3. Ши, Ц. Лексико-семантические особенности в названиях китайских и русских улиц / Ц. Ши // Евразийское Научное Объединение. – 2021. – № 5-5(75). – С. 399-401.
4. Соколова А.В. Отражение имен собственных Китая и Японии в языковой картине мира // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки, 2016. – № 11. – 380 с
5. Шмарова Ж.В. К вопросу о происхождении китайских географических названий // Гуманитарный вектор. Серия: Филология, востоковедение. – № 4. – 310 с
6. Филькова А.Ю. Географические и лексические особенности топонимов РФ // Вестник Казанского юридического института МВД России, 2013. – № 5. – 290 с.
7. Хуа В. Сопоставление названий улиц в китайской и русской лингвокультурах (на материале названий по именам исторических лиц) // Вестник Московского университета. Сер. 9. Филология, 2014. – № 1. – 299 с
8. А.С. Карпенко. О понятии картографический метод исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/o-ponyatii-kartograficheskiy-metod-issledovaniya/viewer>
9. Исторический метод. Философия науки и техники. Тематический словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/3MEDj2>
10. Энциклопедия. Кругосвет. Универсальна научно-популярная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.krugosvet.ru/enc/gumanitarnye_nauki/lingvistika/
11. Официальный сайт БКРС (Большой Китайско-Русский словарь) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bkrs.info/>
12. Россия и Китай. Азиатское иллюстрированное обозрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ruchina.org/history-for-children/istorija-kitaja-5-i-klass.html>
13. Официальный сайт 越南历史百度百科 Байду Байке. Интернет энциклопедия на Китайском языке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://baike.baidu.com/item/%E8%B6%8A%E5%8D%97%E5%8E%86%E5%8F%B2/5387018>

14. Официальный сайт [战国时期越国地图](https://clck.ru/3MBz7r) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/3MBz7r>
15. Официальный сайт [汉语对俄罗斯的各种称呼 风闻Guancha](https://user.guancha.cn/main/content?id=686337) : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://user.guancha.cn/main/content?id=686337>
16. Официальный сайт [中国叫俄罗斯“战斗民族”，那俄罗斯怎么称呼我们](https://zhuanlan.zhihu.com/p/686534738) 知乎Джи Ху [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://zhuanlan.zhihu.com/p/686534738>
17. Официальный сайт QGIS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://qgis.org/>
18. Гафуров А.М., Усманов Б.М. Основы работы в QGIS. Часть 1 : учебно-методическое пособие / А.М. Гафуров, Б.М. Усманов. – Казань : Казанский университет, 2022. – 30 с.
19. Официальный сайт OpenStreetMap. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.openstreetmap.org/#map=3/69.62/-74.90>
20. Создание общегеографической карты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aentin.github.io/qgis-course/map-design-general.html>
21. Официальный сайт QGIS2web. Плагин для QGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plugins.qgis.org/plugins/qgis2web/version/3.18.2/>
22. Официальный сайт OpenGISLab. Qgis2Web + Photos Popup [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opengislab.com/blog/tag/Qgis2Web+Photos+Popup>

© Е. С. Утробина, А. А. Утробин, Т. Г. Козлитина, 2025

Е. А. Федоров^{1✉}, А. Н. Соловицкий¹

Моделирование как составная часть технологии геологоразведочных работ (на примере Низовского каменногоугольного месторождения Кузбасса)

¹Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Российская Федерация
e-mail: fedorovegf@gmail.com

Аннотация. Установлены составляющие комбинированных исследований для геологического обеспечения освоения участка Низовский Низовского каменного угольного месторождения и особенности их реализации. Отмечено повышение информативности проводимых геологоразведочных работ при совместной реализации составляющих комбинированных исследований (бурении скважин, геофизических исследований скважин и моделирования на основе геоинформационной системы К-Mine). Практическое использование комбинированных исследований заключается в оптимизации геологической изученности участка.

Ключевые слова: скважина, керн, каркас, доразведка, угольное месторождение

Е. А. Fedorov^{1✉}, А. N. Solovitskiy¹

Modeling as an integral part of geological exploration technology (using the example of the Nizovsky coal deposit in Kuzbass)

¹Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation
e-mail: fedorovegf@gmail.com

Abstract. The components of combined studies for geological support of the development of the Nizovsky section of the Nizovsky coal deposit and the features of their implementation have been established. An increase in the information content of the geological exploration work carried out with the joint implementation of the components of combined studies (well drilling, geophysical well surveys and modeling based on the K-Mine geoinformation system) has been noted. The practical use of combined studies consists in optimizing the geological exploration of the site

Keywords: well, core, frame, further exploration, coal deposit

Введение

Рост промышленного производства требовал не только увеличения освоения недр, но и эффективности технологий геологоразведочных работ. В прошлом веке на горнодобывающих предприятиях доминирующим методом геологических исследований являлось бурение. Несмотря на достоинства указанного метода, его информативность имеет ограничения, перспективы их преодоления отмечены при применении комбинированных методов. Поэтому актуальность комбинированных исследований для геологического обеспечения освоения угольных месторождений не вызывает сомнений [1]. Их применение обширно, охватывает множество месторождений и имеет исторический аспект [2, 3]. Практическая реализация комбинированных методов шла поэтапно: сначала бурение

проводилось совместно с геофизическими исследованиями, а затем после развития информационных технологий – с моделированием. При этом отмечен рост качества исследований и повышение информативности, что свидетельствует об актуальности темы и научном и практическом интересе. Целью исследований является изучение моделирования как составной части комбинированной технологии геологоразведочных работ на примере Низовского каменноугольного месторождения Кузбасса. Указанную тенденцию рассмотрим подробнее на примере исследуемого месторождения.

Методы исследования первого этапа

Комбинированные исследования для геологического обеспечения освоения участка Низовский Анжерского каменноугольного месторождения имеют три составляющие (рис.1).

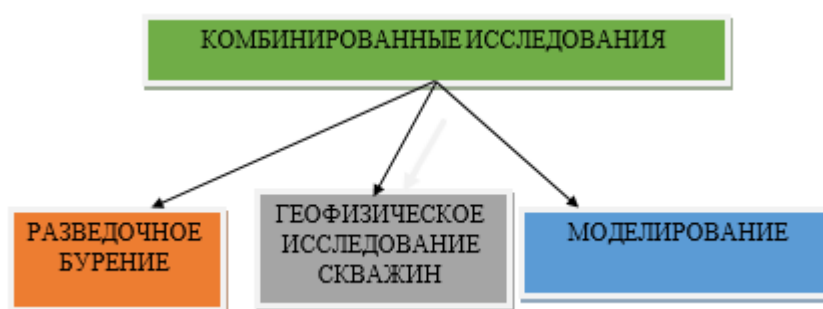


Рис.1. Составляющие комбинированных исследований для геологического обеспечения освоения участка Низовский

Первая составляющая – разведочное бурение (рис. 1) осуществлялась колонковым и змейковым бурением, а также мелкими горными выработками, при этом разведочные линии ориентировались в крест господствующего простирания продуктивной толщи. Простирание толщи определялось преимущественно мелкими разведочными выработками – проходкой по простиранию через 200–250 м дудок, уточняющих элементы залегания пластов и места их выхода под наносы [4]. При этом бурение проводилось в три стадии:

- первая – 1950-е годы;
- вторая – 1960-е годы;
- третья – 2020-е годы.

Систематическое изучение Низовского месторождения было начато с поисковых работ в 1949 г. Именно механическое колонковое бурение являлось одним из основных видов геологоразведочных работ, бурение проводилось вкрест простирания уголеностной толщи. В первую стадию было пробурено около 100 геологоразведочных скважин [5, 6]. Плотность сети на период окончания первой стадии составила 20 геологоразведочных скважин на квадратных километр. Поиски показали, что в данном районе проходит полоса продуктивных отложений с пластами углей рабочей мощности.

На второй стадии был пробурен ряд разведочных и многозабойных опробовательских скважин. Целью бурения служила постановка проверочных работ, обусловленных относительно сложной разрывной тектоникой. Методика ревизионного бурения сводилась к сгущению сети скважина с расчетом получения однозначной увязки пластов угля и тектонических нарушений, проверка дефективных перебурок прошлых лет [7]. Расстояние между скважинами колеблется от 10 до 180 м. Глубины скважин колеблются от 160 до 455 м, средняя глубина 295 м. Пройдены семь разведочных и две опробовательских скважины с целью отбора большевесных технологических проб пластов Коксового, Случайного и Петровского.

Целью третьего этапа являлось подготовка участка Низовский к промышленному освоению открытым способом. Для решения поставленных задач на проведение геологического изучения недр предусматривалось бурение 15 разведочных скважин (с сопутствующими работами). Ведение разведочных работ на участке недр Низовский определялось исходя из того, что достигнутая плотность сети для выделения запасов категорий В и С1 в условиях 2-й группы сложности геологического строения участка полностью удовлетворяет методическим рекомендациям [8, 9] и была направлена на получение однозначной оценки качества угля и горно-геологических условий. В этот период на площади участка пробурены 54 скважины, средняя глубина скважин составила 1470 м. По результатам геологоразведочных работ в период с 1942 по 2023 гг. расстояния между разведочными линиями на большей площади участка составляет от 300 – 400 м, расстояниями между скважинами на линиях 20–300 м. Всего в границах оцениваемой части лицензионного участка пройдена 181 разведочная скважин. Плотность разведочной сети на период окончания последней стадии составила 33 скв/км². Дальнейшее повышение плотности разведочной сети стало не целесообразным, по причине значительного доминирования расходов на бурения над ростом информативности.

Результаты исследования второго этапа

Для повышения информативности бурения скважин с ними в комплексе применены геофизические исследования скважин (ГИС). Методы, которые использовались геофизиками исторический менялись, а методики и приборы для проведения каротажа постоянно совершенствовались [10,11]. В связи с этим, исходя из применяемого набора ГИС, можно выделить четыре основных этапа развития каротажных работ:

- 1948–1953 гг. для определения мощности, структуры, а также местоположение угольных пластов использовались методы кажущегося удельного сопротивления (КС), токово каротажа (ТК). Выполнялся данный метод электрическими электродами и специальной установкой [12];

- 1955–1960 гг. использовались методы предыдущего этапа основными задачами геофизиков были угольные пласты, которые были пропущены в ходе бурения, детализация литологических границ, наличие металлических объектов в скважии [13,14];

– 1960–1966 гг., в этот период каротаж стал использоваться более обширно, целями, которые ставились для геофизиков являлись определение мощности, глубины залегания от дневной поверхности, строение угольных пластов, а также их залегания. Также входило определение азимутального и зенитного угла искривления геологоразведочных скважин.

– на заключительной стадии проведения геофизических исследований начали проводиться уже с помощью новейшей аппаратуры с цифровой регистрации которой удалось сразу одновременно исследовать некоторые параметры такие как: интенсивность рассеянного гамма-излучения, кажущуюся удельную электропроводность, гамма-активность.

Основные цели проведения геофизических исследований скважин были достигнуты, а именно: определение технического состояния скважин (наличие и целостность обсадных труб, уровень бурового раствора, внутренний диаметр труб и скважины, глубина забоя), определение статистического уровня воды, определение глубины и залегания угольных пластов с высокой точностью. В данном этапе все пробуренные скважины были исследованы геофизическими методами, что полностью подтверждает востребованность геофизических исследований скважин.

Обсуждение

На участке Низовский Низовского каменного угольного месторождения АО «Стройсервис» авторами использована геоинформационная система K-Mine для формирования тематических трехмерных картографических геоизображений путем обработки пространственно-атрибутивных данных моделей горного массива, что отражает третью составляющую комбинированных исследований. Реализация указанной составляющей базируется на основе результатов исследований следующих отечественных ученых: Алексеева В. В., Анциферова А. В., Берлянта А. М., Бескида П. П., Биденко С. И., Захарова В. Н., Ивакина Я. А., Карпика А. П., Коликова К. С., Курлени М. В., Лапина С. Э., Леонтьева А. В., Лисицкого Д. В., Опарина В. Н., Писаренко М. В., Потресова Д. К., Степанова Ю. А., Тикунова В. С., Шаклеина С. В., Шека В. М., Яковлева Д. В. и другие [15–18]. На рис. 2 приведен пример результатов моделирования, которое в настоящее время широко применяется на горных предприятиях в АО «Стройсервис» для повышения информативности геологических исследований [19].

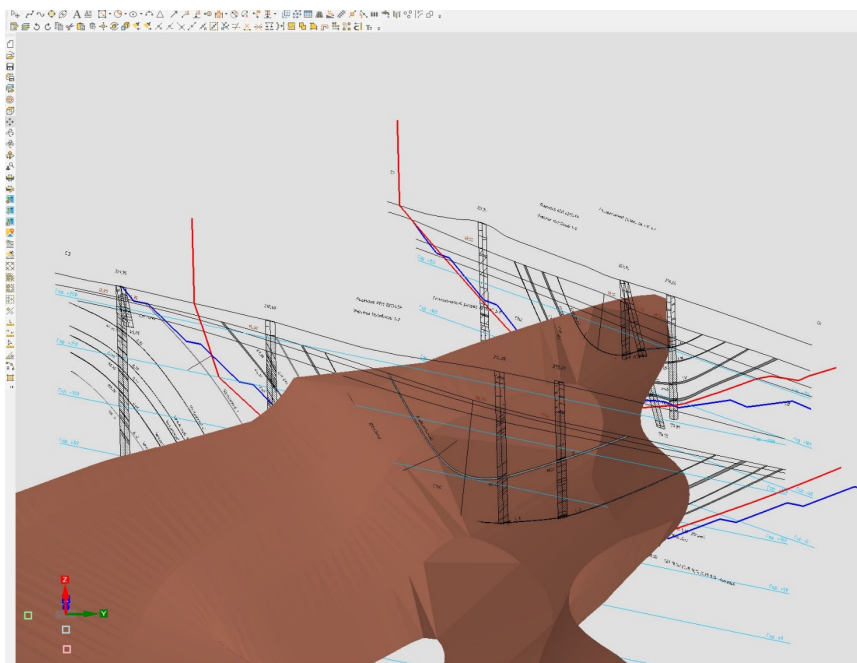


Рис.2. 3D-Каркас пласта Двойной, построенный в информационной системе K-Mine

Реализация третьей составляющей проведенных авторами исследований, заключалась в оцифровке разведочных линий, с последующим созданием 3D моделей угольных пластов в границах горного отвода. Качественное создание моделей позволит выполнять оперативный подсчет каменного угля [20]. Также есть необходимость в создании и пополнении базы данных геологических скважин, которая необходимо в создании блочной модели. Блочная модель позволит произвести более точную оценку запасов каменного угля, найдет оптимальных контур для рационального и экономически выгодного ведения горных работ, позволит управлять и прогнозировать качество добываемого угля, уменьшит процент потерь и разубоивание угля в горной массе.

Заключение

На основании проведенных исследований были сделан вывод о том, что комплекс методов, примененных на участке Низовский Низовского каменного угольного месторождения, позволил повысить информативность исследований и решить задачу геологической изученности с высокой степенью достоверности. Использование геоинформационной системы K-Mine обеспечило оперативное хранение и своевременно внесение геологической информации в базу данных, которая является не только отличным инструментом для создания блочной модели, но и повышает оперативность и качество обработки геологической информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шаклеин, С. В., Писаренко М. В. Концепция развития сырьевой базы Кузнецкого угольного бассейна // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 3. – С. 118–125.

2. Мельников, Н. Н. Геология месторождений угля / Н. Н. Мельников. – 2009. – 105 с.
3. Милютин, А. Г. Разведка и геолого-экономическая оценка полезных ископаемых / А. Г. Милютин. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 120 с.
4. Череповский В. Ф. Угольная база России. – Т. 2. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири / В. Ф. Череповский. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.
5. Геофизические исследования в Кузбассе/ А. Н. Соловицкий, Н. Ю. Никулин, Н.А. Смирнов, А. Д. Краснокуцкая, В.С. Сазонов //Наука, инновации, образование: актуальные вопросы и современные аспекты: монография / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2022. – С. 196–205.
6. Меркулов, В.П. Геофизические исследования скважин / В. П. Меркулов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 138 с.
7. Наставко, Е.В. О цифровой модели угольного месторождения в Кузбассе в ГГИС Micromine / Е.В. Наставко, А.В. Наставко, Ф.Ю. Кайзер, А.Н. Соловицкий // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – №1(127). – URL: <https://research-journal.org/archive/1-127-2023-january/10.23670/IRJ.2023.127.23> (дата обращения: 24.01.2023). – DOI: 10.23670/IRJ.2023.127.23.
8. Басаргин, А. А. Методика создания трехмерных геологических моделей месторождений с использованием геоинформационной системы Micromine / А. А. Басаргин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 15–20.
9. ГОСТ 21153.1–75. Породы горные. Методы определения коэффициента крепости по Протодьяконову. М.: Издательство стандартов, 2015. – 62 с.
10. Пах, Э.М. Руководство по методике опробования и оценке качества углей Кузбасса при геологоразведочных работах (Отчет по тематической работе). Кузбасская геологоразведочная экспедиция, Ленинск-Кузнецкий, 1969. – 104 с.
11. Справочник Ценные и токсичные элементы в товарных углях России М.: Недра, 1996. – 538 с.
12. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.
13. Косков, В. Н. Геофизические исследования скважин: Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 122 с.
14. Геофизические методы исследования скважин / Санкт-Петербургский Горный Университет. Сост.: Н.А. Данильева, Н.В. Большакова СПб, 2021. 22 с.
15. Соловицкий А. Н., Сазонов В. С. О математическом обеспечении геологической оценки угольных месторождений / А.Н. Соловицкий, В. С. Сазонов // сборник статей XXXVII Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки и образования». – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2024. – С.191–194.
16. Жуковский Ю. Л., Ишейский В. А., Булдыско А. Д., Гоцул Ю. Д. Роль цифровых технологий в комплексном освоении месторождений твердых полезных ископаемых // Научные междисциплинарные исследования. – 2020. – № 7. – С. 14–19.
17. Писаренко М. В., Рогова Т. Б., Шаклеин С. В. Учет неопределенности интерпретации данных при компьютерном построении горно-геометрических моделей угольных месторождений / Маркшейдерский вестник. – 2018. – № 5. – С. 19–26.
18. Федотов Г. С., Январёв Г. С. Ф Объемное цифровое моделирование геологических тел в процессе разведки: учебное пособие – М.: Издательство «Горная книга», 2021. – 168 с.
19. Косков, В. Н. Геофизические исследования скважин: Учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 122 с.
20. Федорова, Н. И. Химико технологические свойства каменных углей Кузбасса. Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 5 (111). – С.121–126

© Е. А. Федоров, А. Н. Соловицкий, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. Э. Ж. Абдулина, Н. Н. Кобелева. Методика геодезического контроля устойчивости откосов и ступенчатых террас при разработке проекта объекта капитального строительства каскадно-секционного типа	3
2. В. А. Петручок. Факторы, влияющие на точность определения деформаций земной коры на техногенных геодинамических полигонах.....	12
3. И. Е. Дорогова, К. А. Демидов. Реализация первого приближения программно-математической модели движений земной коры для пересчета координат пунктов между эпохами.....	19
4. В. Ф. Канушин, Д. Н. Голдобин, Н. Н. Кобелева И. А. Инжеватов. Сравнительный анализ методов определения вертикальных градиентов аномалий силы тяжести до третьего порядка.....	26
5. В. Ф. Канушин, Д. Н. Голдобин, Н. Н. Кобелева. Тестирование глобальных моделей аномалий силы тяжести по результатам наземных гравиметрических измерений.....	37
6. И. Е. Дорогова, К. А. Демидов. Чат-бот для вычисления скоростей движения геодезических пунктов.....	44
7. Ю. П. Кижеватова, И. Г. Ганагина. Определение сезонных изменений аномалий силы тяжести на территории Новосибирской области, обусловленных толщиной снежного покрова	52
8. Е. А. Бровко. Методические и технологические решения по использованию данных топографического мониторинга для обеспечения актуальности цифровой картографической продукции	59
9. Д. Г. Будаева, З. С. Еремко, С. А. Петров. Анализ развития зимнего и ледово-снежного туризма на озере Байкал на основе «больших данных» (на примере Республики Бурятия).....	71
10. Н. С. Головачев, П. Ю. Бугаков. Особенности картографической визуализации четырехмерных моделей местности	79
11. Динь Конг Дай, С. А. Крылов. Изучение и анализ исходных данных для создания цифровых картографических основ мультимасштабной карты Социалистической Республики Вьетнам.....	87
12. В. А. Зуев, П. Ю. Бугаков. Применение мультимодальных нейронных сетей для автоматизации оценки визуальной информативности трехмерных карт городских территорий.....	93
13. М. В. Карманова, Г. И. Ненашева, А. С. Стребкова. Результаты расчетов показателей перехода средней суточной температуры воздуха через 0 °С в Алтайском крае за 2004–2024 гг.....	100
14. А. А. Кутиминский. Применение картографических данных для аналитики в Западно-Сибирской дирекции пассажирских обустройств	106

15. А. В. Нутиков, Б. Н. Олзоев. Геоинформационное картографирование нефтегазоносных административных районов Иркутской области.....	111
16. Г. Г. Побединский. О необходимости совершенствования понятийно-терминологической базы геодезии, картографии, геоинформатики и общей классификации современного терминологического аппарата	120
17. Е. В. Правский. Общероссийские классификаторы как элемент информационного обеспечения картографирования промышленности	138
18. Е. В. Правский, С. А. Крылов. Разработка справочно-поисковой системы изданных карт промышленности в атласах регионов России.....	143
19. Н. В. Рыжаков, Д. А. Яковлев, З. А. Левадный. Пространственный анализ типов пахотных почв Сибирского федерального округа	148
20. В. П. Ступин. Геоморфометрический ГИС-анализ ЦМР в интересах картографического мониторинга опасных геологических процессов горного хребта Хамар-Дабан	155
21. Е. С. Утробина, А. А. Утробин, Т. Г. Козлитина. К вопросу о разработке электронной карты семиотических иероглифических китайских названий.....	163
22. Е. А. Федоров, А. Н. Соловицкий. Моделирование как составная часть технологии геологоразведочных работ (на примере Низовского каменноугольного месторождения Кузбасса)	172

CONTENTS

1. E. J. Abdulina, N. N. Kobeleva. Methodology of geodetic control of the stability of slopes and stepped terraces in the development of a project for a capital construction project of a cascade-sectional type	3
2. V. A. Petruchok. Factors affecting the accuracy of determining crustal deformations at man-made geodynamic polygons.....	12
3. I. E. Dorogova, K. A. Demidov. Implementation of the first approximation of the programmatic and mathematical model of the Earth's crust movements for recalculating the coordinates of points between epochs	19
4. V. F. Kanushin, D. N. Goldobin, N. N. Kobeleva, I. A. Inzhevatov. Comparative analysis of methods for determining vertical gradients of gravity anomalies up to third order.....	26
5. V. F. Kanushin, D. N. Goldobin, N. N. Kobeleva. Testing global gravity anomaly models using ground-based gravimetric measurements.....	37
6. I. E. Dorogova, K. A. Demidov. A chatbot for determining the movement speeds of geodetic points.....	44
7. Y. P. Kizhevatova, I. G. Ganagina. Determination of seasonal changes in gravity anomalies in the Novosibirsk region due to the thickness of the snow cover	52
8. E. A. Brovko. Methodological and technological solutions for the use of topographic monitoring data to ensure the relevance of digital cartographic products	59
9. D. G. Budaeva, Z. S. Eremko, S. A. Petrov. Big data analysis of winter and ice and snow tourism development in the Lake Baikal Region: a case study of the Republic of Buryatia	71
10. N. S. Golovachev, P. Yu. Bugakov. Features of cartographic visualization of four-dimensional terrain models	79
11. Dinh Cong Dai, S. A. Krylov. Exploration and analysis of initial data for the creation of digital cartographic bases of a multi-scale map of the Socialist Republic of Vietnam.....	87
12. V. A. Zuev, P. Y. Bugakov. Application of multimodal neural networks for automation of visual informativeness assessment of three-dimensional maps of urban areas	93
13. M. V. Karmanova, G. I. Nenasheva, A. S. Strebkova. Indicators of the transition of the average daily air temperature through 0 °C in the Altai Territory for 2004-2024.....	100
14. A. A. Kutiminskiy. The use of cartographic data for analytics in the West Siberian directorate of passenger facilities	106

15. A. V. Nutikov, B. N. Olzoev. Geoinformation mapping of oil and gas areas of the Irkutsk region	111
16. G. G. Pobedinsky. On the need to improve the conceptual and terminological base of geodesy, cartography, geoinformatics and the general classification of modern terminology.....	120
17. E. V. Pravsky. All-Russian classifiers as an element of information support for industrial mapping	138
18. E. V. Pravsky, S. A. Krylov. Development of a reference and search system for published industry maps in atlases of Russian regions	143
19. N. V. Ryzhakov, D. A. Yakovlev, Z. A. Levadny. Spatial analysis of arable soil types in the Siberian Federal District	148
20. V. P. Stupin. Geomorphometric GIS analysis of DEM in the interests of cartographic monitoring of hazardous geological processes in the Khamar-Daban mountain range.....	155
21. E. S. Utrobina, A. A. Utrobin, T. G. Kozlitina. On the issue of developing an electronic map of semiotic Chinese hieroglyphic names	163
22. E. A. Fedorov, A. N. Solovitskiy. Modeling as an integral part of geological exploration technology (using the example of the Nizovsky coal deposit in Kuzbass)	172

Научное издание

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ

XXI Международный научный конгресс

Сборник материалов в 8 т.

Т. 1

Международная научная конференция

**«ГЕОДЕЗИЯ, ГЕОИНФОРМАТИКА,
КАРТОГРАФИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ»**

№ 2

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *Я. А. Лесных*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 25.08.2025. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 10,57. Тираж 34 экз. Заказ 94.

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 8.