

ПРАВИТЕЛЬСТВО РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН  
МИНИСТЕРСТВО ЗЕМЕЛЬНЫХ И ИМУЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ РТ  
ГБУ «ФОНД ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»  
ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**XII Международная  
научно-практическая конференция  
«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОДЕЗИИ  
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ»**

31 августа – 1 сентября 2023 года

Программа, тезисы и доклады



**Татарстанский  
нефтегазохимический форум**

посвященный 80-летию нефтедобычи в Республике Татарстан



**СИБУР**

КАЗАНЬОРГСИНТЕЗ

НИЖНЕКАМСКНЕФТЕХИМ

АО «Нефтеконсорциум МНК»



Казань

2023



Kazan  
Expo 31 АВГУСТА - 2 СЕНТЯБРЯ 2023 ГОДА

ПРОГРАММА



## Татарстанский нефтегазохимический форум

Посвященный 80-летию нефтедобычи в Республике Татарстан

ПАРТНЁРЫ ФОРУМА



АО «Нефтеконсорциум МНК»



31 АВГУСТА, ЧЕТВЕРГ

8.00-18.00	Время работы выставки	Галерея, павильон №2
8.00-8.30	<b>ТОРЖЕСТВЕННОЕ ОТКРЫТИЕ ТАТАРСТАНСКОГО НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО ФОРУМА-2023</b> , посвященный 80-летию нефтедобычи в Республике Татарстан Международной выставки «TatOilExpo-2023» Международной научно-практической конференции «Перспективы развития нефтегазовых компаний России в современных условиях» XVIII Всероссийской научно-практической конференции имени А.И. Щеповских «Промышленная экология и безопасность» Международной научно-практической конференции «Научно-технологическое развитие нефтегазохимической отрасли России: малотоннажная химия, новые точки роста» XII Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем» XI Международной метрологической конференции «Актуальные вопросы метрологического обеспечения измерений расхода и жидкостей и газов. Качество углеводородного сырья (нефти и природного газа)»	Павильон №2, зона открытия
8.00-16.00	Регистрация участников: XII Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем»	Галерея, Стойка регистрации №1 (павильон №1)
14.00-14.10	Приветственное слово <b>Аглиуллин Фаниль Анварович</b> Министр земельных и имущественных отношений Республики Татарстан <b>Фахритдинова Ильвира Рафиковна</b> Первый заместитель директора ГБУ «Фонд пространственных данных Республики Татарстан»	Зал 8 (305-308), 2 этаж
14.10-14.25	<b>Костин А.П.</b> , ППК "Роскадастр" по Республике Татарстан, "УЧАСТИЕ ФИЛИАЛА ПУБЛИЧНО-ПРАВОВОЙ КОМПАНИИ «РОСКАДАСТР» ПО РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН В РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ"	
14.25-14.40	<b>Кутумов А.А.</b> , Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос», ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА, ПРОДУКТОВ, СЕРВИСОВ И УСЛУГ ДЗЗ ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГОСКОРПОРАЦИИ "РОСКОСМОС" И ФЕДЕРАЛЬНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ "ЕДИНАЯ ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА "НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ"	
14.40-14.55	<b>Мищенко А.А.</b> , Министерство земельных и имущественных отношений Республики Мордовия, "СОЗДАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ФОНДА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ. ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ УПРАВЛЕНИЯ ИМУЩЕСТВОМ"	

14.55-15.10	<b>Лапшин А.Ю.</b> , ППК "Роскадастр" Российская Федерация, СЕТЬ ФСГС - СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	
15.10-15.20	<b>Равер А.Л.</b> , ООО "EFT Group", ЭКСПЛУАТАЦИЯ СПУТНИКОВОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПО В СОСТАВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ	
15.20-15.30	<b>Хамидуллин Е.В.</b> , ГБУ НО «Институт развития агломерации Нижегородской области», "ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ-ИНСТРУМЕНТ ОБЕСРЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ"	
15.30-15.40	<b>Ниязгулов Ф.Х.</b> , "Институт пути, строительства и сооружений РУТ (МИИТ) ", К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИИ	
15.40-15.50	<b>Любимова А.В.</b> , ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», РОССИЙСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГИС INTEGRO: КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	
15.50-16.00	<b>Струнина Е.Н.</b> , АО «УСГИК», ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ СТРАНЫ. ПРОБЛЕМЫ. РЕШЕНИЯ.	
16.00-16.15	Перерыв	
16.15-16.30	<b>Дробинина Е.В.</b> , АНО ВО "Университет Иннополис", СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
16.30-16.45	<b>Аминов А.Р.</b> , "Татнефть-Добыча", ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА С ВЛС С НАПРАВЛЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ГОСЭКСПЕРТИЗУ	
16.45-17.00	<b>Мусихин И.А.</b> , Сибирский государственный университет геосистем и технологий, ПЛАНИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СЦЕНАРНОГО АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИИ	
17.00-17.15	<b>Мицевич Л.А.</b> , предприятия "Белгеодезия" Республика Беларусь, МЕТОДЫ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ И СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ МАРШРУТОВ И ВЕРТИПОРТОВ БАС	
17.15-17.30	<b>Стрельчень Е.В.</b> , предприятия "Белгеодезия" Республика Беларусь, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КАРТОГРАФИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	
17.30-17.45	<b>Загретдинов Р.В.</b> , КФУ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ГНСС СТАНЦИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОДИНАМИКИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ	
17.45-18.00	<b>Назаров Р.Р.</b> , ООО «Эридан», ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДОМ МУЛЬТИКАМЕРНОЙ АЭРОФОТОСЪЁМКИ	
<b>1 СЕНТЯБРЯ, ПЯТНИЦА</b>		
9.00-9.10	Приветственное слово <b>Безменов Владимир Михайлович</b> Заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии Института физики Казанского федерального университета	<i>2-я астрономическая аудитория</i>
9.10-10.30	Лекция представителя ООО «EFT Group» о современном геодезическом оборудовании	
10.30-12.00	Демонстрация геодезического оборудования	
12.00-13.00	Обед	
13.00-14.00	Переезд в Загородную обсерваторию АОЭ	
14.00-14.10	Приветственное слово <b>Загретдинов Ренат Вагизович</b> Доцент кафедрой астрономии и космической геодезии Института физики Казанского федерального университета	<i>Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта АОЭ (РТ, Зеленодольский р-н, пос. Октябрьский, ул. АОЭ, дом 7, Планетарий)</i>

14.10-14.25	<b>Усманов Б.М.</b> , КФУ, ИЭиП, МОНИТОРИНГ ПОЛИГОНА "КАРБОН-ПОВОЛЖЬЕ" ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	
14.25-14.40	<b>Гостев М.В.</b> , ГБУ «Институт пространственного планирования Республики Татарстан», ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ	
14.40-14.55	<b>Шагеев А.Ф.</b> , КФУ, ИГиНГТ, ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ, ПО ДОБЫЧЕ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ В ПУСТЫННЫХ РЕГИОНАХ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА	
14.55-15.10	<b>Булатова Л.И.</b> , ООО «Эридан», АНАЛИЗ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	
15.10-15.25	<b>Косарев Н.С.</b> , Сибирский государственный университет геосистем и технологий, РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ДЛИН ЛИНИЙ НА БАЗИСЕ ПРОСТРАНСТВЕННОМ ЭТАЛОННОМ СГУГИТ	
15.25-15.40	<b>Караванов М.Ю.</b> , Независимый эксперт, МИРОВАЯ ГНСС - СТАТУС, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ	
15.40-15.55	<b>Пашенко А.П.</b> , ООО «КосКом», АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЗЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИСШЕСТВИЙ	
15.55-16.05	<b>Фазилова Д.Ш.</b> , Астрономический институт Академии наук Узбекистана, ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ТАШКЕНТСКОМ РЕГИОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ	
16.05-16.35	Показ фильма	
16.35-17.00	Фуршет	
17.00	Отъезд в Казань	

**СОДЕРЖАНИЕ**

*Костин А.П.*

**УЧАСТИЕ ФИЛИАЛА ПУБЛИЧНО-ПРАВОВОЙ КОМПАНИИ «РОСКАДАСТР» ПО РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН В РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ.....7**

*Ниязгулов Ф.Х., Кривоус А.В.*

**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИИ .....11**

*Хамидулин Е.В., Салдаева М.В.*

**ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ – ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....16**

*Черемисина Е.Н., Любимова А.В., Толмачева Е.Р*

**РОССИЙСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГИС INTEGRО: КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ...20**

*Дробинина Е.В., Пенкин К.А.*

**СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....22**

*Мусихин И.А.*

**ПЛАНИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СЦЕНАРНОГО АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИИ .....26**

*Сахаутдинов Р.В., Гилаев Д.М., Хамитов М.Ш., Аминов А.Р.*

**ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА С ВЛС С НАПРАВЛЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗУ .....33**

*Равер А.Л.*

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ СПУТНИКОВОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПО В СОСТАВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ .....39**

*Шагеев А.Ф., Долгих С.А., Касабулатова К.Р., Котельникова В.А.*

**ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ, ПО ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ В ПУСТЫННЫХ РЕГИОНАХ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА .....40**

*Махмудов М.Д., Фазилова Д.Ш.*

**ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ТАШКЕНТСКОМ РЕГИОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ .....49**

*Стрельчень Е.В.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КАРТОГРАФИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....52**

*Мицевич Л.А., Прус Е.В., Забагонский С.А*

**МЕТОДЫ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ И СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ МАРШРУТОВ И ВЕРТИПОРТОВ БАС. ....56**

*Загретдинов Р.В., Бахтиаров В.Ф., Загретдинов А.А.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ГНСС СТАНЦИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОДИНАМИКИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ .....61**

*Алябьев А.А., Струнина Е.А.*

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ СТРАНЫ. ПРОБЛЕМЫ. РЕШЕНИЕ .....67**

*Булатова Л.И., Назаров Р.Р.*

**АНАЛИЗ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ.....69**

*Назаров Р.Р., Нефедов В.В.*

**ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДОМ МУЛЬТИКАМЕРНОЙ АЭРОФОТОСЪЁМКИ .....73**

*Гафуров А.М., Усманов Б.М., Хомяков П.В.*

**МОНИТОРИНГ ПОЛИГОНА «КАРБОН-ПОВОЛЖЬЕ» ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ .....75**

*Пащенко А.П.*

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЗЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИСШЕСТВИЙ .....81**

*Заичко В.А., Шведов Д.О.*

**ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА, ПРОДУКТОВ, СЕРВИСОВ И УСЛУГ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГОСКОРПОРАЦИИ "РОСКОСМОС" И ФЕДЕРАЛЬНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ "ЕДИНАЯ ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА "НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ" .....88**

## УЧАСТИЕ ФИЛИАЛА ПУБЛИЧНО-ПРАВОВОЙ КОМПАНИИ «РОСКАДАСТР» ПО РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН В РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

*Костин А.П.*

*ППК "Роскадастр" Республика Татарстан,*

Татарстанский филиал Роскадастра образован на основе Кадастровой палаты, которая в 2021 году отметила свое 20-летие и являлась одним из ключевых ведомств в сфере земельно-имущественных отношений.

На федеральном уровне картина выглядит следующим образом. С 1 января 2023 года Федеральная кадастровая палата в результате реорганизации и наряду с Центром геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных и Ростехинвентаризацией – Федеральное БТИ присоединилась к публично-правовой компании «Роскадастр».

Позже я более подробно расскажу о деятельности и полномочиях нашего Филиала.

В первой половине своего доклада, мы отметим пилотное участие Республики Татарстан и роль филиала Роскадастра по Республике Татарстан в реализации Национальной системы пространственных данных, ключевым условием для создания которой является обеспечение наличия полных и точных сведений в Едином государственном реестре недвижимости.

Согласно Перечня поручений Президента Российской Федерации от 11.08.2022 №ПР-1424 по вопросам реализации Госпрограммы регионам в том числе необходимо обеспечить проведение работ по описанию местоположения границ муниципальных образований, населенных пунктов, территориальных зон и направление сведений о местоположении таких границ для внесения в Единый государственный реестр недвижимости.

Так как Татарстан является пилотным регионом, то работу необходимо завершить до 2024 года.

Филиал Роскадастра по Республике Татарстан вносит в ЕГРН сведения о границах населенных пунктов, территориальных зон, территорий объектов культурного наследия, охранных зон и иных территорий.

На слайде представлены показатели по количеству внесенных в ЕГРН сведений об объектах реестра содержащихся в настоящее время.

На 100% внесены в ЕГРН сведения о границах:

- муниципальных образований (956 из 956);
- лечебно-оздоровительных местностях и курортах (7 из 7);
- лесничеств (33 из 33).

Также положительная динамика наблюдается по таким показателям, как внесение в ЕГРН сведений о границах особо охраняемых природных территориях – это 97% (191 из 196), населенных пунктов - 75% (2 340 из 3119), территориях объектов культурного наследия - 66% (1079 из 1646) и территориальных зон - 48% (6047 из 12701).

Отмечу, что Республика Татарстан занимает лидирующую позицию среди регионов Российской Федерации по количеству внесенных в ЕГРН границ охранных зон. На сегодняшний день их более 100 тысяч. (По состоянию на 21 августа 2023 г. 103410 зон).

На сегодняшний день активно проводится работа по внесению в ЕГРН административных границ Республики Татарстан со смежными субъектами Российской Федерации. Наша республика граничит с 8 субъектами. В результате совместной и плодотворной работы Управления Росреестра по Республике Татарстан, органов государственной власти республики и филиала Роскадастра в ЕГРН содержатся 6 административных границ Республики Татарстан со смежными субъектами Российской Федерации.

Федерации, три из которых внесены в ЕГРН в текущем году (Самарской областью, Ульяновской областью и Чувашской Республикой). В настоящее время проводятся работы по внесению в ЕГРН границы с Удмуртской Республикой.

До конца года планируется внесение оставшейся границы с Кировской областью.

Также, согласно утвержденной в Республике Татарстан Дорожной карте на 2022 – 2024 годы по наполнению ЕГРН необходимыми сведениями, активно проводятся работы по исправлению реестровых ошибок в сведениях ЕГРН о границах земельных участков.

Реестровая ошибка – это воспроизведенная в ЕГРН ошибка, содержащаяся изначально в необходимых для государственного кадастрового учета документах.

Результатом исправления реестровой ошибки является приведение сведений, содержащихся в ЕГРН, в соответствие с местоположением фактических границ земельных участков.

В рамках исправления реестровых ошибок Филиалом проводятся работы по определению координат характерных точек границ и площадей земельных участков, в описании границ которых органом регистрации прав выявлена реестровая ошибка.

В случае определения координат характерных точек границ Филиалом отсутствует необходимость правообладателям объектов недвижимости обращения к кадастровому инженеру для подготовки межевого плана и подачи заявления в орган регистрации прав, а так же отсутствует необходимость оплаты кадастровых услуг. Таким образом, в целях определения координат характерных точек границ Филиал дает возможность не привлекать правообладателей объектов недвижимости и безвозмездно осуществить исправление реестровых ошибок.

С начала 2023 года нашими специалистами определены координаты характерных точек границ более, чем 23 тысяч (23115) объектов недвижимости, что на 46 % больше, чем за 2022 год.

Определение координат характерных точек производится геодезическим, комбинированным, картометрическим, аналитическим и фотограмметрическим методами.

На последний, фотограмметрический метод, мы обратим особое внимание. В его основе лежит работа с фотографиями объекта, сделанными с разных ракурсов, что позволяет создавать трехмерные модели ландшафта. С целью определения координат Филиал использует Квадрокоптер Геоскан Gemini, который предназначен для выполнения аэросъемочных работ с получением высокоточных пространственных данных:

- трехмерное облако точек
- цифровая модель местности
- цифровая модель рельефа
- ортофотоплан
- трехмерная текстурированная полигональная модель объектов местности.

Кроме того, филиалом используются ГНСС приемник PrinCe i90 назначение под базовую станцию, а GNSS-приемники PrinCe i30 - это легкие мобильные роверы, используемые для замеров по определению координат характерных границ земельных участков и внешних контуров зданий. Также они применяются для съемки маркеров при выполнении аэрофотосъемочных работ.

На самом деле тема исправления реестровых ошибок актуальна не первый год. Законодатель не стоит на месте, что нас, как непосредственных исполнителей, очень радует.

На данном слайде отображены изменения в законодательстве в отношении реестровых ошибок, которые позволят проводить работу еще качественнее и сократит срок исправления реестровых ошибок. Нововведение вступит в силу 1 февраля 2024 года.

Так, в настоящее время исправление площади допускается не более чем на 5 процентов, а при вступлении в силу изменения расхождение площади составит не более, чем на 10 процентов, что позволит увеличить количественный показатель земельных участков, в отношении которых будет проводится работа по исправлению реестровых ошибок.



Если на сегодняшний день исправлять реестровые ошибки Филиал самостоятельно не имеет права, то в дальнейшем такая возможность появится.

Срок устранения реестровой ошибки в настоящее время составляет 3 месяца, что значительно увеличивает сроки их исправления. После 1 февраля это можно будет сделать в течение одного месяца.

Также отмечу, что сегодня, даже если мы готовы исправить ошибку быстрее трех месяцев, законодательно это запрещено. Со вступлением изменений реестровая ошибка может быть исправлена раньше срока (при поступлении согласия правообладателя).

На сегодняшний день при исправлении реестровой ошибки в отношении земельных участков орган регистрации прав не уполномочен на определение координат у объектов капитального строительства. Благодаря ожидаемым изменениям такая возможность появится. Более того, сократится количество объектов, в отношении которых имеется реестровая ошибка, в базе ЕГРН.

Наиболее эффективным и рациональным способом наполнения ЕГРН сведениями о местоположении земельных участков и объектов недвижимости также являются комплексные кадастровые работы.

Комплексные кадастровые работы – это работы, которые выполняются одновременно в отношении всех объектов недвижимости, расположенных на территории одного кадастрового квартала, сведения о которых содержатся в ЕГРН.

Отметим, что комплексные кадастровые работы набирают популярность, так как помогают заказчику сэкономить временные и финансовые ресурсы. Проще говоря, это выгоднее по всем параметрам, нежели кадастровые работы, проводимые отдельно в отношении каждого объекта недвижимости.

В 2023 году Филиал выполняет комплексные кадастровые работы на территории 56 кадастровых кварталов Республики Татарстан. Подробно – на слайде.

По г. Казани 9 кварталов, по Верхнеуслонскому району - 2, по Высокогорскому району - 26, по Зеленодольскому району - 9, по Мамадышскому - 1, по Пестречинскому – 3 и по Чистополскому - 6.

Отмечу, что в 2023 году ожидается уточнение в ЕГРН местоположения границ и внесение сведений о границах более 28 тыс объектов недвижимости.

Также стоит обратить внимание на следующий положительный аспект. Благодаря проведению комплексных кадастровых работ, мы параллельно выявляем и исправляем реестровые ошибки. Таким образом, происходит значительная оптимизация ресурсов, затрачиваемых на данную работу.

Надеюсь, мне удалось составить у вас общее представление о роли филиала Роскадастра по Республике Татарстан в реализации Национальной системы пространственных данных.

Во второй половине своего доклада кратко расскажу, почему же именно на наши плечи возложена миссия, о которой я рассказывал ранее.

С 1 января 2023 года в рамках реорганизации полномочия филиала Публично-правовой компании «Роскадастр» по Республике Татарстан значительно расширились. На федеральном уровне новая компания призвана объединить пространственные данные всех ведомств для создания единой масштабной цифровой карты России и стать главным оператором сервисов Росреестра.

Проекты-флагманы на сегодня – это ФГИС ЕГРН и Национальная система пространственных данных.

В связи с этим, львиная доля функций, связанных с обработкой информации, перешла в новую компанию.

Так, еще в конце 2022 года филиалу Роскадастра по Республике Татарстан переданы все архивы Росреестра Татарстана, и одной из основных функций стало ведение архивов реестровых дел и ведение госфонда данных, полученных в результате проведения

землеустройства. Всего это более шести миллионов реестровых дел и документов ГФДЗ, которые практически полностью оцифрованы. Такое значительное преимущество делает компанию уникальной на рынке.

Как и прежде, одним из основных полномочий компании является предоставление сведений из Единого государственного реестра недвижимости.

Объемы данной услуги находятся на традиционно высоком уровне. Республика занимает лидирующую позицию по Приволжскому федеральному округу по количеству обработанных запросов - за 7 месяцев текущего года обработано более 2 млн запросов (2 280 871). За аналогичный период прошлого года Филиалом обработано порядка 2 млн (2 814 543). Доля автоматически обрабатываемых запросов составляет 93%.

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАММЕТРИИ

*Ниязгулов Ф.Х., Кривоус А.В.*

*Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), г. Москва, Россия*

**Ключевые слова:** программа PHOTOMOD, Agisoft Metashape (PhotoScan), аэросъемка, цифровая камера, цифровая фотограмметрическая система (ЦФС), геометрия железнодорожного пути.

**Аннотация.** В работе приводятся материалы исследований точности определения геометрии колеи железнодорожного пути по цифровым снимкам в результате обработки их на цифровых фотограмметрических системах (ЦФС) PHOTOMOD и Agisoft Metashape (PhotoScan).

Показаны сравнения средних квадратических погрешностей определения возвышений рельсов и ширины колеи железнодорожного пути различными методами.

Повышение качества эксплуатационной деятельности железных дорог на современном этапе не может достигнуто без применения новых научных и технических подходов на основе информационных технологий.

Проект «Цифровая железная дорога» ОАО «РЖД» направлен на разработку и максимального использования цифровых технологий сбора данных о состоянии объектов инфраструктуры и подвижного состава с соответствующей их логической обработкой специально предназначенными программно-аппаратными комплексами.

Развитие цифровой инфраструктуры как элемента «Цифровой железной дороги» предполагает разработку и внедрение следующих решений:

- развитие технологий цифрового моделирования объектов инфраструктуры и технологии обслуживания с использованием спутниковых технологий, высокоточной координатной системы железнодорожного транспорта с целью сокращения затрат при строительстве, модернизации, ремонте и эксплуатации;

- широкомасштабное применение на всех стадиях жизненного цикла инфраструктуры единого цифрового высокоточного координатного пространства, построенного на базе систем спутниковой навигации.

Основу создания «Цифровой железной дороги» представляют информационные технологии и системы автоматизированного проектирования и управления.

Одним из перспективных видов создания объемных виртуальных моделей различных объектов является фотограмметрия – технология создания 3D моделей на основе фотографий реального объекта.

Появление за последние 10 лет новых цифровых камер с различными характеристиками, возможности использования нетрадиционных носителей съемочных средств – беспилотных воздушных судов (БВС), мотodelьтапланов и др., применение спутниковых методов для геодезического обеспечения результатов цифровой съемки и наконец, современные автоматизированные программные средства обработки результатов цифровой съемки привели к широкому внедрению цифровой фотограмметрии в самые различные отрасли производства, науки, мониторинга за объектами и явлениями [1-4].

Преимущества применения цифровой фотограмметрии:

- высокая точность;
- большой объем информации об объекте;
- объективность и достоверность результатов измерений;
- возможность получения в короткий срок информации о состоянии всего объекта и отдельных его частей;
- возможность изучения неподвижных и движущихся объектов, скоротечных и медленно происходящих процессов;
- возможность выполнения визуальной оценки объектов;

- исследование объектов дистанционно (когда пребывание в зоне объекта небезопасно) и т.д.

Различные задачи моделирования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта требует информации различной точности и полноте. Наивысшая точность требуется при определении геометрических параметров железнодорожного пути, мониторинге и диагностики его.

Точность материалов цифровой съемки характеризуются пространственным разрешением, т.е. размером самого малого объекта, воспроизводимого на цифровом изображении, и зависит от размера пикселя.

Пиксел – наименьший элемент цифрового изображения, внутри которого отдельные элементы не различаются.

За пространственное разрешение цифровых снимков принимают размер пикселя на местности, который обозначается PIX (от слова pixel) или GSD – от англ. Ground Sample Distance и выражается формулой 1:

$$PIX = p * \frac{H}{f}, \quad (1)$$

где:  $p$  – размер пикселя светочувствительного элемента камеры;

$H$  – высота фотографирования;

$f$  – фокусное расстояние камеры.

В зависимости от требуемого пространственного разрешения (точности) выбирают по формуле (1) параметры аэросъемки: высоты фотографирования –  $H$  и фокусного расстояния –  $f$ .

При высокоточных измерениях по цифровому изображению пользуются понятием точность измерений координат точек на экране монитора.

При практических работах принята, что точность измерения координат точек по цифровому снимку на экране монитора равна  $m_{xy} = 0,5$  пикселя из этого расчета выбирают технических параметров аэросъемочных систем.

Для выявления точности определения геометрических параметров пути методом цифровой фотограмметрии были выполнены экспериментальные работы.

В качестве экспериментального объекта был выбран участок электрифицированной железной дороги общего пользования длиной около 2,5 км, состоящий из двух главных путей.

В районе опытного участка была создана опорная геодезическая сеть в целях создания и эксплуатации высокоточной координатной системы (ВКС) ОАО «РЖД», с использованием спутниковых методов.

Опорная геодезическая сеть – система геодезических пунктов, состоящая из базовых станций с расстояниями между смежными станциями до 50 км, главных пунктов, закладываемых через 4–5 км и при необходимости промежуточные, закладываемые через 250–750 м попарно, с обеспечением видимости между смежными пунктами.

Для контроля железнодорожного пути и искусственных сооружений, на основе опорной геодезической сети, создавалась специальная реперная система (СРС).

Положение пунктов реперной сети определяют со средними квадратическими погрешностями не более: взаимное плановое положение – 5 мм; превышения – 3 мм; случайная составляющая погрешности нивелирования 4 мм на 1 км хода. Для определения плановых координат реперной сети использовали электронный тахеометр Trimble M3 DR, средняя квадратическая погрешность измерения угла которого  $\pm 2''$ , а расстояния по призме 2 мм + 2 мм/км, а высоты определяли методом геометрического нивелирования II класса точности с использованием нивелира Копи-007 и инварной нивелирной рейки [5].

Одновременно вдоль опытного участка железной дороги с обеих сторон железнодорожной насыпи примерно через 50–70 м закладывались и маркировались опознаки.

Координаты опознаков определялись с точностью как координаты пунктов рабочей реперной сети: плановые координаты определялись путем проложения полигонометрического хода с использованием электронного тахеометра Trimble M3 DR. А высоты опознаков определялись методом геометрического нивелирования II класса точности.

На основе созданной геодезической сети выполнялись исследования по выявлению точности определения геометрии рельсовой колеи железнодорожного пути методами: геометрического нивелирования; путеизмерительной тележки; путейского шаблона; цифровой фотограмметрии.

На опытном участке на каждом главном пути край каждой десятой шпалы были покрашены белой краской и в створе этих краев шпал наносились отметки на шейках рельсов белой краской для определения в этих местах ширины колеи и превышений между головками рельсов и возвышения наружного рельса в кривых участках пути.

В целях исследования точности определения превышений между головками рельсов пути и возвышений наружного рельса в кривых участках пути, отметки головки рельсов на отмеченных точках определялись методом геометрического нивелирования II класса точности со средней квадратической погрешностью определения отметок головки рельсов не более  $\pm 0,5$  мм.

Для исследования точности определения геометрии рельсовой колеи железнодорожного пути путеизмерительной тележкой использовалась система Gedo (Trimble), предназначенная для измерения геометрических параметров железнодорожных путей (ширины колеи, возвышения наружного рельса, сдвижки и т.д.), пройденного пути и геодезической съемки придорожной полосы.

Некоторые технические характеристики системы Gedo:

- допускаемая абсолютная погрешность при выполнении замеров межрельсового расстояния  $\pm 0,3$  мм;
- допускаемая абсолютная погрешность измерений возвышения наружного рельса в кривых  $\pm 0,5$  мм.

Для контроля точности определения геометрических параметров пути с использованием автоматизированной путеизмерительной тележкой Gedo, измерение ширины колеи и разницы возвышения рельсов пути на отмеченных на рельсах точках производились с использованием путеизмерительного шаблона ПШ-1520В.

Для исследования точности определения геометрии рельсовой колеи железнодорожного пути методом цифровой фотограмметрии, аэросъемка опытного участка производилась с двух видов БВС.

При первом варианте аэросъемка производилась с специализированного профессионального БВС коптерного типа «Геоскан-401» [6] с использованием профессиональной малоформатной фотокамеры Sony DSC-RX1RM2.

При втором варианте аэросъемка опытного участка производилась с шестимоторного БВС (гексакоптер), с использованием среднеформатной профессиональной цифровой камеры Hasselblad HA4D-60.

Полученные материалы аэросъемок обрабатывались с применением цифровых фотограмметрических систем (ЦФС) PHOTOMOD 6.5.2764×64 [7] и Agisoft Metashape Professional [8]. Геодезической основой для обработки результатов аэросъемок являлись координаты заложенных и замаркированных опознаков, координаты опорной геодезической сети и специальной реперной сети.

Сравнительные погрешности определения ширины колеи различными методами приведены в табл. 1, а погрешности определения превышений головок рельсов железнодорожной колеи и возвышений головок рельсов на кривых участках железнодорожного пути приведены в табл. 2.

Таблица 1

Сравнительные средние квадратические погрешности определения ширины колеи железнодорожного пути различными методами, мм

Методы определения ширины колеи железнодорожного пути										
Наименование технических средств измерений	Путейский шаблон	Путеизмерительная тележка Gedo (Trimble)	Цифровая фотограмметрия							
			Аэросъемка с гексакоптера с использованием камеры Hasselblad HA4D-60, обработка снимков на ЦФС				Аэросъемка с «ГЕОСКАН 401» с использованием камеры Sony DSC-RX1RM2			
			PHOTOMOD 6.5.2764×64		Agisoft Metashape Professional		PHOTOMOD 6.5.2764×64		Agisoft Metashape Professional	
			Высоты фотографирования, м							
			23	28	35	23	28	35	28	
Путейский шаблон		0,43	1.1 6	1.2 5	1.3 7	1.2 4	1.2 7	1.0 5	1.50	1.67
Путеизмерительная тележка Gedo (Trimble)	0,43		1.1 5	1.2 6	1.3 0	1.2 2	1.3 5	1.1 2	1.48	1.68

Таблица 2

Сравнительные средние квадратические погрешности определения возвышений рельсов железнодорожной колеи различными методами, мм

Методы определения возвышений рельсов железнодорожного пути											
Наименование технических средств измерений	Нивелирования II класса	Путейский шаблон	Путеизмерительная тележка Gedo (Trimble)	Цифровая фотограмметрия							
				Аэросъемка с гексакоптера с использованием камеры Hasselblad HA4D-60, обработка снимков на ЦФС				Аэросъемка с «ГЕОСКАН 401» с использованием камеры Sony DSC-RX1RM2			
				PHOTOMOD 6.5.2764×64		Agisoft Metashape Professional		PHOTOMOD 6.5.2764×64		Agisoft Metashape Professional	
				Высоты фотографирования, м							
			3	8	5	3	8	5	28		
Нивелирования II класса		1,04	0,44	3,9 0	3,0 5	3,7 6	3,2 7	3,4 5	3,6 9	3,48	4,05
Путейский шаблон	1,04		0,95	3,9 6	2,8 3	3,4 2	3,2 3	3,4 4	3,9 4	3,55	4,16
Путеизмерительная тележка Gedo (Trimble)	0,44	0,95		3,8 7	2,9 1	3,4 9	3,0 1	3,1 8	3,5 1	3,28	3,91

Из результатов выполненных исследований следует сделать вывод:

Полученные результаты экспериментальных работ позволяют делать вывод о том, что современные методы цифровой фотограмметрии могут быть использованы для решения широкого круга задач в железнодорожном транспорте:

- мониторинга и диагностики железнодорожного пути;
- получить информацию для разработки проектов реконструкции и капитального ремонта объектов железнодорожного транспорта;
- при постановке в проектное положение железнодорожного пути при реконструкции и капитальном ремонте;
- при определении неровностей железнодорожной колеи;
- инвентаризации объектов недвижимости в полосе отвода железных дорог;
- при решении задач экологии и охраны окружающей среды;
- при моделировании объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и т.д.

---

#### Литература

1. Кадничанский С.А., Хмелевский С.И. Обзор цифровых фотограмметрических систем.// Ежегодный обзор ГИС-Ассоциации.-1999.-Вып.5. — С.21-25.
2. Сечин А.Ю. Эпоха цифровой аэросъемки// Обзор цифровых фотограмметрических систем. Пространственные данные, 2009. №3. С. 28-29.
3. Мышляев В.А. Априорная оценка точности автоматического получения цифровой информации о рельефе по стереоизображениям. Журнал «Геодезия и картография», 2005 г. №5, стр. 21-23.
4. Нехин С.С. Цифровые фотограмметрические системы: функции, возможности, перспективы развития// Пространственные данные. – 2006. - №3, с. 27-41.
5. Ниязгулов У.Д., Крестинков В.Г., Ниязгулов Ф.Х. Исследование точности геодезического метода контроля геометрии рельсовой колеи. //Качество. Инновации. Образование. 2020. - №3 (167). – С. 37-44. ISSN: 1999-513X.
6. Оньков И.В., Гормаш А.В. Оценка точности ЦМР по материалам аэрофотосъемки с БЛА «Геоскан 101», //Геопрофи.-2015.-№5. С. 49-51.
7. Цифровая фотограмметрическая система PHOTOMOD. Электронный ресурс. <https://racurs.ru/support/>
8. Цифровая фотограмметрическая система Agisoft Metashape 1.5. Электронный ресурс. [https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro\\_1\\_5\\_ru.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_ru.pdf)

## **ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ – ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Хамидулин Е.В., Салдаева М.В.*

*ГБУ НО «Институт развития агломерации Нижегородской области», г. Нижний Новгород*

Одной из приоритетных задач ГБУ НО «Институт развития агломерации Нижегородской области» на сегодняшний день является создание цифровой модели местности агломерации. ГИСОГД НО открывает нам такие возможности. Во исполнение п.2 ст.57 Градостроительного кодекса РФ органы государственной власти, органы местного самоуправления, физические и юридические лица, обеспечившие выполнение инженерных изысканий, необходимых для подготовки документации по планировке территории, застройщик, лицо, получившее в соответствии с Земельным кодексом РФ разрешение на использование земель или земельного участка, находящихся в государственной или муниципальной собственности, для выполнения инженерных изысканий, обеспечившие выполнение инженерных изысканий для подготовки проектной документации объектов капитального строительства направляют в уполномоченный орган на размещение в ГИСОГД НО [1]. На территории Нижегородской области уполномоченным органом является ГБУ НО «Институт развития агломерации Нижегородской области».

Своевременное направление результатов изысканий в ГИСОГД НО имеет ключевое значение для анализа текущего состояния территории, так как позволяет получать информацию о фактическом положении инженерных сетей на местности, что в свою очередь позволяет минимизировать градостроительные ошибки и обеспечить актуальными сведениями всех участников градостроительной деятельности. Аккумуляция результатов изысканий также связано с ведением раздела ГИСОГД «План наземных и подземных коммуникаций», который медленно, но верно наполняется по результатам изысканий. Благодаря наличию актуальной информации об объектах инженерной инфраструктуры, ГИСОГД НО является эффективным инструментом при принятии решений о перспективном развитии региона.

Для надлежащего оказания органами исполнительной власти Нижегородской области государственных услуг, таких как подготовка градостроительного плана земельного участка, подготовка схем расположения земельных участков по решениям инвестиционного совета, проработок физическими и юридическими лицами предпроектных решений при разработке проектов планировок и проектов межевания территории, подключения объектов капитального строительства к объектам инженерной инфраструктуры требуется сводная информация о местоположении сетей и других элементов инженерной инфраструктуры, точном местоположении объектов капитального строительства, временных сооружений, элементов благоустройства и положения рельефа.

Имеющиеся в распоряжении Правительства Нижегородской области ресурсы, содержащие информацию о результатах геодезических изысканий – фонд пространственных данных Нижегородской области (далее - ФПД НО) и государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности Нижегородской области (далее-ГИСОГД НО) не предполагают создание сводных топографических планов и по сути представляют собой электронных архив отчетов о результатах геодезических изысканий. Кроме того, указанные информационные ресурсы содержат далеко не все источники информации об инженерно-геодезических изысканиях.

Так, например, согласно ч.2 ст. 10 федерального закона от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в региональные фонды пространственных данных включаются исключительно пространственные данные и материалы, полученные в результате выполнения геодезических и картографических работ, организованных органами государственной власти субъектов Российской Федерации или



подведомственными данным органам государственными учреждениями. На сегодняшний день объем сведений ФПД НО составляет 1,6 % от покрытия территории Нижегородской агломерации.

Результаты инженерных изысканий, размещаемые в ГИСОГД НО составляют 28,6 % от общего покрытия на территорию Нижегородской агломерации (рис.1).

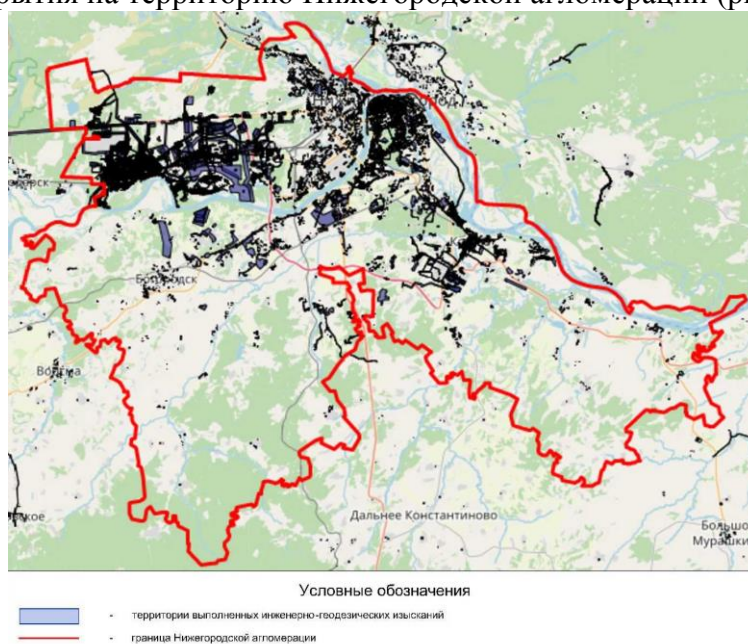


Рис.1. Границы результатов инженерных изысканий на 2023 год

Направляемые технические отчеты не могут перекрыть потребность в подоснове, ФПД НО и ГИСОГД НО не могут дать полное представление о топографических данных на территорию Нижегородской агломерации и сформировать пригодный для работы информационный ресурс.

Учитывая изложенное выше, очевидна необходимость создания сводного информационного ресурса – единой электронной топографической основы Нижегородской агломерации (далее-ЕЭТОНА), который объединил в себе информацию из ГИСОГД НО, ФПД НО, открытых источников, информацию о сетях и инженерных сооружениях, внесенных в ЕГРН, сведения об инженерных коммуникациях, размещаемых в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 03.12.2014 № 1300 «Об утверждении перечня видов объектов, размещение которых может осуществляться на землях или земельных участках, находящихся в государственной или муниципальной собственности, без предоставления земельных участков и установления сервитутов для размещения которых не требуется разрешение на строительство», архивных данных: топографических планов, исполнительных съемок, отсканированных планшетов.

Одна из целей создания ЕЭТОНА – используя доступные источники данных, создать сплошное топографическое покрытие на территорию Нижегородской агломерации.

Единый источник данных о топографической основе также позволяет решить проблему множества источников таких сведений, которые застройщик или проектировщик вынужден изучать для начала предпроектных проработок. Это могут быть информационные системы органов местного самоуправления агломерации, материалы архивных фондов, бумажные носители в шкафах исполнителей на местах.

Положительные эффекты от создания ЕЭТОНА:

1. Систематизация сведений о ранее выполненных геодезических изысканиях.
2. Освобождение органов местного самоуправления Нижегородской агломерации от необходимости вести архивы результатов изысканий.

3. Возможность не проводить геодезические изыскания при наличии результатов изысканий со сроком выполнения не более двух лет.
4. Возможность сразу начать предпроектные работы при разработке документации по планировке территории до начала изысканий. Как результат – сокращение времени разработки проектов.
5. Отражение фактического положения сетей на местности.
6. Отражение основных характеристик сетей – диаметр, материал, глубина залегания, тип прокладки трубы, напряжение, давление, количество труб.
7. Наличие информации о собственниках коммуникаций. Как результат – упрощение процессов согласования прохождения коммуникаций, земляных работ, процессов технологического присоединения.
8. Упрощение выполнения геодезических изысканий на изученной территории. Как результат – сокращение времени выполнения изысканий.

ЕЭТОНА – незаменимый инструмент при комплексной оценке природных и техногенных условий территории, производстве инженерных изысканий, обосновании проектирования, эксплуатации и ликвидации объектов, для принятия управленческих решений в части развития и благоустройства территории. На сегодняшний день по письменным обращениям граждан и организаций мы видим, что со стороны застройщиков, проектировщиков, изыскателей, органов власти есть существенный спрос на данный информационный ресурс.

ЕЭТОНА представляет собой совокупность преобразованных в цифровой растровый или векторный формат топографических планов масштаба 1:500, приведенных к системе координат ведения Единого государственного реестра недвижимости Нижегородской области.

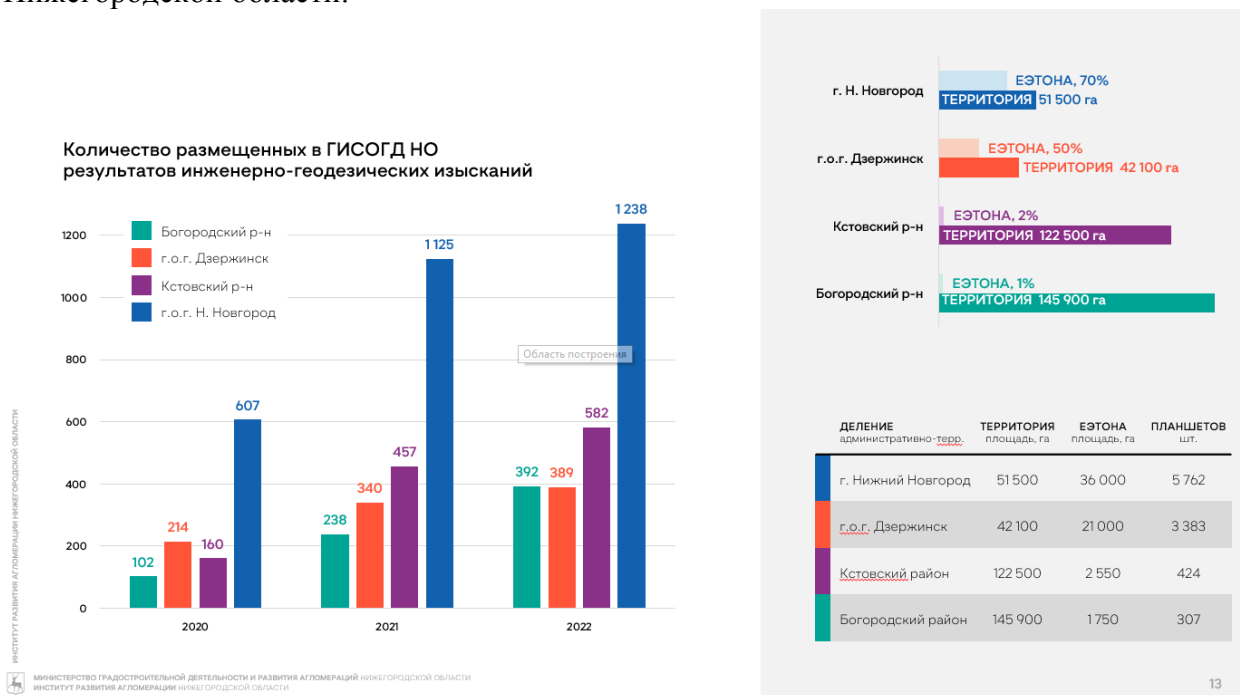


Рис.2. Наполнение ЕЭТОНА Нижегородской агломерации

Аккумуляция результатов изысканий также связано с ведением раздела ГИСОГД «План наземных и подземных коммуникаций», который медленно, но верно наполняется по результатам изысканий. Благодаря наличию актуальной информации об объектах инженерной инфраструктуры ГИСОГД НО является эффективным инструментом при принятии решений о перспективном развитии региона.

В связи с потребностью создания ЕЭТОНА возникла необходимость в разработке и утверждении положения о единой электронной топографической основе

Нижегородской агломерации, что является одной из приоритетных задач Института развития агломерации Нижегородской области по развитию на 2023 год.

И последней, но не менее важной, задачей является автоматизация приёмки результатов изысканий в ГИСОГД НО. Ежегодно количество направляемых результатов изысканий в ГБУ НО «Институт развития агломерации Нижегородской области» возрастает. Так, например, количество направляемых изысканий в Учреждение в 2022 году, по сравнению с 2021 г. выросло на 15%.

**Статистика по размещению результатов изысканий**

Количество направляемых в Учреждение документов и материалов по инженерным изысканиям с каждым годом растёт.

В 2021 ГОДУ КОЛ-ВО НАПРАВЛЯЕМЫХ ОТЧЕТОВ ПО ИЗЫСКАНИЯМ **выросло на 120%**

В 2022 ГОДУ КОЛ-ВО НАПРАВЛЯЕМЫХ ОТЧЕТОВ ПО ИЗЫСКАНИЯМ **выросло на 15%**

**ЕЖЕНЕДЕЛЬНО ПРОВЕРЯЕМ 70 отчетов**  
на соответствие требований технических регламентов

С ИНСТИТУТОМ СОТРУДНИЧАЕТ **148 организаций**  
направляющих на размещение технические отчеты по результатам инженерных изысканий

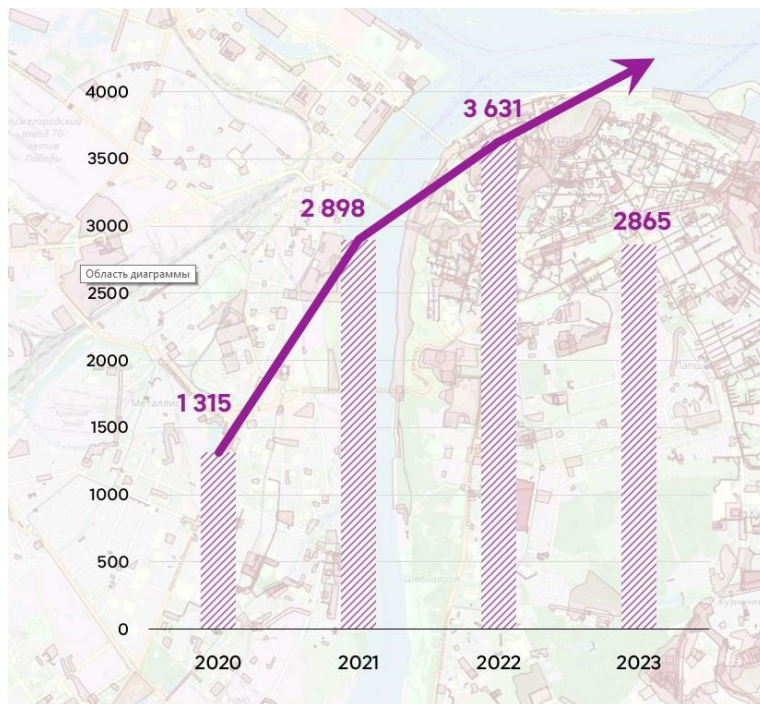


Рис.3. Статистика по размещению результатов изысканий в ГИСОГД НО

На основании изложенного было принято решение по составлению программного обеспечения, которое в режиме «онлайн» определяет соответствие условных знаков, отображенных на топографическом плане, условным знакам, принятым на территории Нижегородской агломерации. Данная часть автоматизации процесса проверки результатов изысканий на соответствие требованиям технических регламентов позволяет упростить результат приёмки и размещения сведений в ГИСОГД НО.

**Литература**

1. Российская Федерация. Законы. Градостроительный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. Закон Рос. Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ : [ред. от 28.04.2023]. – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.
2. Российская Федерация. Законы. Электронный ресурс] : федер. Закон Рос. Федерации от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» – Режим доступа : КонсультантПлюс. Законодательство. ВерсияПроф.

## **РОССИЙСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГИС INTEGRO: КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

*Черемисина Е.Н., Любимова А.В., Толмачева Е.Р.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт»*

Программно-технологический комплекс ГИС INTEGRO (ФГБУ "ВНИГНИ", № 4302 от 29.03.2018 в Реестре российского программного обеспечения) является уникальным примером импортозамещения в сфере геоинформационного сопровождения работ по геологическому изучению недр и недропользованию.

Программно-технологический комплекс включает полный набор инструментов для выполнения картографических работ:

- все необходимые возможности для создания и оформления векторных картографических слоев, включая подписи и аннотации объектов;
- инструменты совместного одновременного редактирования нескольких слоев с автоматическим контролем их топологической корректности;
- полный набор необходимых проекций и систем координат, включая ГСК-2011;
- реализация режима многопользовательского редактирования пространственной базы данных (PostgreSQL);
- средства подготовки карт к печати, включая подготовку сложных широкоформатных картографических материалов;
- подключение интернет-ресурсов на основе OGC-сервисов, тайловых сервисов и сервисов ArcGIS Server.

Картографические возможности комплекса сопоставимы с функционалом зарубежных (ArcGIS, MapInfo) и ГИС с открытым кодом (QGIS). Необходимо отметить наличие ГИС-сервера, публиковать стандартные OGC-сервисы для доступа к данным, а также оформлять готовые ГИС-проекты в форме интерактивных веб-приложений для их оперативного просмотра в браузере без установки специализированного программного обеспечения и программирования.

Важнейшим преимуществом ГИС INTEGRO по сравнению с другими геоинформационными системами является наличие расширенных возможностей для решения практических задач нефтегазовой отрасли:

- совмещение картографических, профильных и скважинных данных с синхронизацией по X,Y,Z, обработка и трехмерная визуализация поверхностей, сечений и кубов данных;
- аналитический аппарат для обработки полей (в первую очередь, гравиметрической и магнитометрической информации), а также блок решения прогнозно-диагностических задач, реализующий большое число алгоритмов классификации и распознавания по многомерным наборам геоданных;
- инструментарий трехмерного геолого-геофизического моделирования, обеспечивающий комплексирование данных сейсморазведки, электроразведки, гравиметрии и магнитометрии;
- работа со специализированными форматами данных, используемыми в геологии и геофизике (segy, las и пр.), а также прямое использование утвержденных форматов, структуры данных и эталонных баз условных знаков, рекомендованных к использованию в отрасли.

Сегодня ГИС INTEGRO успешно применяется для решения широкого круга задач геологии и природопользования. Программно-технологический комплекс внедрен в работы крупных учреждений и коммерческих компаний нефтегазогеологической отрасли. В рамках обеспечения деятельности Федерального агентства по недропользованию Роснедра по реализации региональных геологоразведочных работ на нефть и газ ГИС INTEGRO

выполняет роль технологической платформы, обеспечивающей геоинформационное сопровождение на всех этапах работ:

- планирование постановки новых объектов геологоразведочных работ на основе сбора и систематизации пространственных данных по перспективным участкам;
- проектирование объектов, включая точную координатную привязку контуров и проектных сетей съемки, предварительную рекогносцировку на основе данных дистанционного зондирования и оценку проектируемых объемов работ (километраж съемки, объемы переобработки и пр.);
- мониторинг текущего состояния работ по выполняемым объектам с помощью формирования и картографической визуализации фактических объемов полевых работ;
- формирование итогового ГИС-проекта, объединяющего геолого-информационную основу исследований, схемы объемов выполненных полевых работ, собранные в процессе исследований ретроспективные картографические материалы и полученные результирующие материалы на унифицированной картографической основе.

Территориальные фонды геологической информации, обеспечивающие сбор и хранение данных, получаемых в ходе геологического изучения недр и недропользования, используют ГИС INTEGRO для решения таких задач, как подготовка картографических материалов для работы государственной экспертизы полезных ископаемых, подготовка проектов заключений о наличии или отсутствии месторождений и лицензий в пределах участков по запросам недропользователей, перевод в цифровую форму архивных карт и схем.

Большое внимание сегодня уделяется подготовке профессиональных кадров, владеющих отечественными геоинформационными технологиями. Для обучения студентов и повышения квалификации предметных специалистов на базе ГИС INTEGRO разработаны специализированные программы обучения, позволяющие освоить методику и технологию разработки прикладных геоинформационных проектов, приемы пространственного анализа геоданных, технологию комплексирования разнородной геолого-геофизической информации и пр. Образовательные программы, реализуемые с применением программно-технологического комплекса, уже включены в практику нескольких российских вузов (МГРИ-МГГРУ им. С. Орджоникидзе, Северо-Осетинский государственный университет, Государственный университет Дубна и др.) в рамках программ бакалавриата и магистратуры.

Таким образом, ГИС INTEGRO является полнофункциональной картографической платформой, способной успешно конкурировать с импортными программными пакетами как в сфере нефтегазовой геологии, так и в смежных отраслевых направлениях (твердые полезные ископаемые, региональная геология, природопользование, экология и др.).

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ УСТАНОВЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Дробинина Е.В.<sup>1,2</sup>, Пенкин К.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> АНО ВО «Университет Иннополис», управление по проектной и научно-исследовательской деятельности, центр геоинформационных систем, г. Казань

<sup>2</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

### Введение

Темпы освоения территорий и введения земель в промышленный или сельскохозяйственный оборот с каждым годом все увеличиваются. При этом остро встает вопрос оперативной оценки типов почвенно-растительного покрова местности, определения площадей земель различного назначения. Все развивающаяся область геоинформационных систем и использование машинного обучения позволяет проводить такую оценку с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в короткие сроки.

Отличным примером служит оценка местности в целях выявления и прогнозирования расширения городов в районе Ханоя в 2017 году использованием данных SPOT-5 за 2003, 2007 и 2011 годы. Так, зарубежными коллегами была произведена типизация местности с выделением водной поверхности и трех типов почвенно-растительного покрова: растительности, пустырей и жилых районов. На основе спутниковых данных был оценен площадной рост так называемых, водонепроницаемых поверхностей (*impervious surface*), под которыми понимаются водонепроницаемые материалы: асфальт, бетон и подобные инженерные сооружения. На основе разновременных моделей авторами спрогнозированы темпы роста урбанизированных территорий в окрестностях Ханоя [7].

В данной работе предлагается рассмотреть методы классификации спутниковых изображений в решении вопросов установления границ земель различного назначения на территории Режевского городского округа Свердловской области, площадь которого составляет 1949,37 км<sup>2</sup>. Масштаб исследования выбран неслучайно: с целью оценить оперативность применения того или иного метода, которая зависит от производственных мощностей серверов, на которых модель обрабатывается.

### Методика исследования

В качестве исходных изображений для классификации использованы мультиспектральные космические снимки Sentinel-2 MSI (англ. MultiSpectralInstrument, Level-2A – данные с проведенной атмосферной коррекцией) летнего периода 16.05.2022 – 15.09.2022 с облачностью не более 20 %. С подробной характеристикой используемого спутника можно ознакомиться на сайте европейского космического агентства [6].

Классификация спутниковых изображений проводилась двумя способами: в первом случае классификация осуществлялась на облачной платформе Google Earth Engine с использованием алгоритма CART (Classification and Regression Tree) на серверах Google, во втором случае изображение классифицировалось в открытом программном обеспечении – QGIS – на отдельном персональном компьютере с применением модуля Semi-Automatic Classification Plugin методом «Случайный лес» (random forest) [5].

Принципиально, под классификацией спутниковых изображений с обучением (supervised classification), именуемой также полуавтоматической классификацией изображений, подразумевается метод их обработки, направленный на типизацию почвенно-растительного покрова путем обучения алгоритма на образцах спектральных сигнатур входных данных [5]. Отмечается, что присутствие даже небольшого количества посторонних элементов в обучающей выборке (например, пятен обнаженного грунта или дорожного покрытия в пределах участка растительности) значительно снижает точность классификации изображения [2].

Методически классификация спутников сводится к тому, что отбираются компактные группы пикселей или единичные пиксели, так называемые обучающие кластеры. При формировании обучающей выборки следует учитывать, что она должна удовлетворять ряду требований [3,4,8,1]. Ключевыми из них являются полнота, достаточность и чистота [2]. Создание обучающих кластеров в первом случае производилось в точках, которые ставились в различных участках изображения (не менее 50 штук на тип почвенно-растительного покрова и водную поверхность). Во втором случае в качестве обучающих кластеров выступили группы пикселей средней площадью от 1 до 5 км<sup>2</sup> (не менее 10 штук на тип почвенно-растительного покрова и водную поверхность).

Кроме этого, авторами в работе использована модель почвенно-растительного покрова Европейского космического агентства [6] – «ESA/WorldCover/v200», которая представляет собой глобальную карту почвенно-растительного покрова на 2021 год с разрешением 10 м на основе данных Sentinel-1 и Sentinel-2. Продукт WorldCover включает 11 классов земного покрова, в числе которых лесные пространства (Tree cover). Маска лесных пространств получена посредством векторизации бинаризованного растра, на котором в виде уникальных значений выделены два типа покрытий: леса (код 10) и остальная территория.

Созданные посредством классификации модели и модель ESA/WorldCover/v200 были использованы авторами для оконтуривания участков распространения земель лесного фонда и расчета площадей последних. Методика оконтуривания лесов заключалась в следующем: полученный растр бинаризовался методом переклассификации. Затем модель векторизовалась и рассчитывались площади, отведенные под леса: внутри контура лесничеств, за их пределами. Также посчитаны площади других типов почвенно-растительного покрова в пределах лесничеств. Для наглядности в табл. 1 продемонстрировано процентное соотношение площадей относительно площади лесного фонда изучаемого района.

Таблица 1

Сравнительная таблицы площадей выделенных зон развития лесной растительности

Тип почвенно-растительного покрова	Площадь зоны, км <sup>2</sup>	Процент от площади лесного фонда
<i>Алгоритм CART</i>		
другие типы почвенно-растительного покрова	122	10%
лесная растительность	1107	90%
лесная растительность за пределами лесничеств	290	24%
<i>Метод random forest</i>		
другие типы почвенно-растительного покрова	135	11%
лесная растительность	1094	89%
лесная растительность за пределами лесничеств	281	23%
<i>Модель ESA</i>		
другие типы почвенно-растительного покрова	73	6%
лесная растительность	1147	93%
лесная растительность за пределами лесничеств	321	26%
<b>Суммарная площадь земель лесного фонда района</b>	<b>1229</b>	

Впоследствии модели проверены на предмет пространственного соответствия расположению земель лесного фонда изучаемой территории согласно нормативной

документации по установлению границ земель лесного фонда Российской Федерации (рис. 1).

### Результаты исследования и обсуждение

В результате проведенного исследования получены типовые растровые модели местности, описывающие категорию последней: водная поверхность, леса, луговые пространства и сельхозугодья, населенные пункты и дороги. Данные модели отличаются непрерывным покрытием, однако следует заметить, что качество итогового растра напрямую зависит от чистоты образцов обучающей выборки. Видно, что с применением алгоритма CART в среде GEE точность выделения лесных участков несколько выше, чем с применением алгоритма random forest плагина Semi-Automatic Classification. По мнению авторов, это может быть связано с тем, что в обучающих кластерах оказались несоответствующие покрытию пиксели.



Рис. 1. Результаты определения площадей распространения земель лесного фонда на изучаемой территории

Еще к одному преимуществу использования облачной платформы стоит отнести скорость и успешность выполнения алгоритма для осуществления классификации на уровне городского округа и даже региона, в целом. Это объясняется тем, что все расчеты ведутся на серверах Google, вследствие чего производительность выше, и позволяет выполнять расчеты для больших площадей, что во втором варианте ограничивается



мощностью персонального компьютера пользователя и может занять долгое время, при этом сократив производительность других программ.

Отмечается также, что для выбранного масштабного уровня типизацию местности можно проводить с использованием модели ESA/WorldCover/v200, точность которой в данном случае не уступает первым двум методам. Во-первых, это связано с тем, что в качестве исходных данных во всех трех методах использованы высокодетальные спутниковые изображения Sentinel-2, во-вторых, по мнению авторов, точность первых двух методов не превышает точность существующей модели ESA/WorldCover/v200 по причине относительно низкой плотности точек или групп пикселей обучающих кластеров. Так, при крупномасштабных исследованиях рекомендуется уточнять модель посредством увеличения обучающей выборки с минимизацией выделения посторонних объектов в контуре обучающего кластера.

### **Выводы**

В результате рассмотрения методов классификации спутниковых изображений в решении вопросов установления границ земель различного назначения на территории Режевского городского округа Свердловской области сделаны выводы, что для выбранного масштабного уровня все три варианта классификации подходят для типизации местности.

К преимуществам подхода полу-автоматизированной оценки площадей распространения земель различного назначения следует отнести: оперативность получения тематической информации; ее объективность как действительной картины состояния изучаемой территории; ее использование в мониторинговых целях благодаря возможности периодического получения; хорошую обзорность.

---

### **Литература**

1. Попов М.А. Методология оценки точности классификации объектов на космических изображениях // Проблемы управл. и информ. 2007. № 1. С. 97–103.
2. Попов М.А., Альперт С.И., Подорван В.Н. Метод классификации космических изображений с использованием подхода Демпстера–Шейфера // Исследование Земли из космоса. 2016. № 4. С. 1–12. DOI: 10.7868/S0205961416040060
3. Cochran W.G. Sampling Techniques / 3rd ed. N.Y.: John Wiley & Sons, 1977. 428 p.
4. Congalton G., Green K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices / 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. 183 p.
5. Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software. 2021. 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>
6. European Space Agency. Sentinel-2 Products Specification Document. European Space Agency. 2023. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/document-library>
7. Nguyen V.T., Nguyen, N., Ha L.T.T., Hien L., Dieu B. Detection and Prediction of Urban Expansion of Hanoi Area (Vietnam) Using SPOT-5 Satellite Imagery and Markov Chain Model. 2017. P.119–133. 10.1007/978-3-319-68240-2\_8.
8. Smets P., Henrion M., Shachter R.D., Kanal L.N., Lemmer J.F. Constructing the pignistic probability function in a context of uncertainty // Uncert. in Artif. Intell. North Holland, Amsterdam, 1990. V. 5. P. 29–40.
9. Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, N.E., Xu, P., Ramoino, F., Arino, O., 2022. ESA WorldCover 10 m 2021 v200. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>

## **ПЛАНИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СЦЕНАРНОГО АНАЛИЗА ТЕРРИТОРИИ**

*Мусихин И.А.*

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий*

### **Введение**

То, что пространство является краеугольным экономики было известно давно [15], но только в последнее десятилетие пространственный анализ стал играть ключевую роль в организации территориального планирования и управлении социально-экономическим развитием [13]. Начиная с 2016 г. в научной литературе заметно возросло количество публикаций, посвящённых методам пространственного анализа, совершенствованию механизмов планирования и управления региональной экономикой [23, 26, 28]. Результаты опубликованных исследований показывают, что пространственный анализ позволяет локализовать потенциальные промышленные кластеры, спрогнозировать изменение их пространственно-временной структуры [2], сбалансировать экономическое взаимодействие производственных цепочек, позволяющее улучшить системы производства, стимулировать развитие территории [6, 7, 9, 12, 16], а также то, что для понимания процесса регионального экономического роста необходимо изучить его ключевые движущие факторы и как их различные комбинации воздействуют на региональную систему в ответ на определённые стимулы [3]. При этом обязательными элементами разработки региональных дорожных карт должны стать сценарии социально-экономического и пространственного развития, варианты размещения технологических платформ и механизмы реализации установленных приоритетов [22], что особенно актуально в контексте реализации Стратегии пространственного развития (СПР) Российской Федерации<sup>1</sup>.

Несмотря на то, что в СПР описаны важные пространственные и экономические процессы, затрагиваются актуальные проблемы регионов, их приоритеты и цели на 2025 г., в ней не указаны конструктивные механизмы и инструменты оценки социально-экономической и пространственной ситуации, позволяющие разрабатывать и действительно воплощать долгосрочные планы регионального развития, в том числе за счёт экономии имеющихся ресурсов. Единственным инструментом раскрытия потенциала регионов является механизм, определяющий порядок принятия решений об установлении зон с льготными условиями ведения бизнеса. Принимая во внимание пространственную и социально-экономическую неоднородность российских регионов, надёжность единственного механизма развития территорий представляется сомнительной [3].

Реализуемые в настоящее время региональные программы социально-экономического и пространственного развития формируются исходя из различных аспектов, масштабов и целей, что порождает многочисленные проблемы, связанные с интеграцией разнородных данных. В связи с этим утверждаемые траектории желаемых изменений и сценариев развития должны базироваться на комплексном анализе изучаемой территории, формирующем хорошо структурированные и связанные между собой данные [10, 14]. Только в этом случае стратегии, долгосрочные планы развития и принимаемые управленческие решения смогут улучшить экономическое и промышленное сотрудничество, направленное на рациональное распределение отраслевых кластеров в регионе [8, 11].

В настоящее время большинство передовых геоинформационных технологий, используемых для пространственного анализа, воплощено в географических

---

<sup>1</sup> Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утверждённая распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р.

информационных системах (ГИС). Благодаря этому последние способны выявлять ранее неизвестные закономерности и отношения между отдельными объектами и процессами, оперировать большими объёмами данных и моделировать пространство, лежащее в основе сложных пространственных явлений [4]. Однако даже самые совершенные ГИС не в состоянии осуществить полноценное моделирование многофакторных сценариев и оценить результаты, которые могут быть получены в ходе их реализации. В связи с этим внимание специалистов обращено на внешние программные расширения геоинформационных систем, позволяющие моделировать задачи такого рода [4, 17], получать согласованное и реалистичное описание потенциальных состояний социально-экономических и пространственных систем [18, 24, 25]. Использование баз знаний в качестве связующего звена между ГИС и программными средствами обработки и анализа данных обеспечивает описание не только существующих условий и процессов, но и вероятных изменений важных движущих факторов на качественно новом уровне [27]. Созданные на этой основе сценарные планы развития территории можно рассматривать как описание возможного будущего, основанного на имеющихся знаниях, что снижает степень неопределённости и улучшает качество управленческих решений [5, 20].

В докладе описывается технология выполнения пространственного анализа, в ходе которой моделируются и оцениваются сценарные планы социально-экономического развития территории. В основе технологии лежит интеграция возможностей ГИС, экспертной базы знаний и внешнего программного модуля расширения ГИС, моделирующего и обрабатывающего сценарные планы для конкретной территории. На примере Новосибирской области приводятся результаты, полученные в ходе реализации технологии.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследование охватывало территорию регионов Сибири, Дальнего Востока и частично Урала. Картографической основой исследования стала цифровая топографическая карта открытого пользования масштаба 1:1 000 000, которая использовалась для формирования тематических слоёв, создания базы топографических данных (БТД) и геопривязки новых объектов. Обновление БТД выполнено по спутниковым снимкам с пространственным разрешением 15–75 м («USGS/NASA Landsat», АО «Российские космические системы»). Тематические слои БТД были дополнены специальными наборами данных, полученными из официальных открытых источников (св. о гос. регистрации базы данных № 2022621350 «Геопространственная база данных, предназначенная для социально-экономического моделирования и пространственного развития регионов азиатской части России»).

Правила базы знаний (набор количественных определений, выраженных в виде математического логического утверждения, применяемого к соответствующим цифровым наборам данных), связавшие социальные, экономические и пространственные факторы изучаемой территории сформулированы по результатам анализа драйверов социально-экономического и пространственного развития Новосибирской области.

Посредством прямоугольной сетки 10×10 км территория области была разделена на 1851 геофрагмент. Каждый геофрагмент имел метрические и количественные характеристики, которые описывали длины и приведённые величины попавших в него топографических и специальных объектов (матрицы качества), а также удалённость центра геофрагмента (матрицы удалённости) от инфраструктурных объектов, расположенных за его границами. Матрицы удалённости и качества рассчитывались с помощью стандартных функций ГИС (рис. 1 а-г), и сохранялись в специальной базе геоданных (св. о гос. регистрации базы данных № 2022622733 «База данных геопространственных матриц качества и удалённости, предназначенная для мультисценарного моделирования и оценки вариантов социально-экономического и пространственного развития Новосибирской области»), (рис. 2).

Уровень социально-экономического и пространственного развития территории определялся по данным специальной базы геоданных (СБГД), комбинируемым в соответствии с условиями сценарного плана, и оценками экспертной базы знаний. Сценарная обработка данных выполнялась в среде QGIS с помощью разработанного внешнего программного модуля расширения ГИС (св. о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023665429).

### Обработка данных, моделирование сценарных планов

Оценка уровня социально-экономического и пространственного развития территории формировалась исходя из:

- оценки территории на основе сформулированных экспертами качественных и количественных правил (Правила), связавших социально-экономические и пространственные факторы исследуемой территории друг с другом;
- обработки данных СБГД с помощью алгоритмов сотовых аппаратов, оценивающих совокупность возможностей развития геофрагмента.

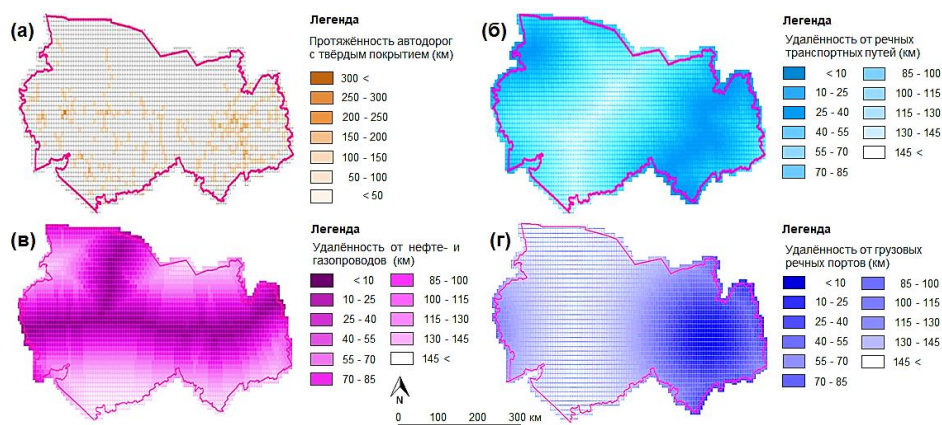


Рис. 1. Пример рассчитанных матриц удалённости / качества геофрагментов: (а) протяжённость дорог с твёрдым покрытием, (б) удалённость от речных транспортных путей, (в) удалённость от нефтегазопроводов, (г) удалённость от грузовых речных портов

В алгоритмах сотовых аппаратов используются такие характеристики как «ячейка», «состояние», «соседние ячейки» и правила совместной обработки данных [20, 24]. «Состояние» геофрагмента определяется по значениям матриц качества СБГД, а параметр «соседняя ячейка» – по значениям матриц удалённости. В нашем случае сотовый алгоритм имел вид:

$$S^{x,y} = \mathit{math.ceil} \left( \frac{1}{\sum_{k=1}^n w_{lk}} \cdot \sum_{k=1}^n (V^{x,y} \cdot w_{lk}) \right), \quad (1)$$

Где:  $S^{x,y}$  – состояние геофрагмента с координатами  $\{x, y\}$ ,

$S^{x,y} \in N_0 = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$ ;

$n$  – количество тематических слоёв, взятых из СБГД согласно выбранному сценарному плану;

$w_{lk}$  – весовой коэффициент тематического слоя  $l$ ,  $w_{lk} \in (0, 1]$ ;

$V^{x,y}$  – коэффициент пригодности (КП) геофрагмента с координатами  $\{x, y\}$  в тематическом слое  $l$ ,

$V^{x,y} \in [0, 5]$ ;

$\mathit{math.ceil}(\dots)$  – функция округляющая полученный результат до ближайшего целого числа.

Код	Характеристика	Значение	Ключ
600	Удалённость от водных путей, м	177931.1	NearWater
601	Количество водных путей	0	CountWaterway
602	Удалённость от аэропортов, м	191857.6	NearAir
610	Удалённость от дорог с твёрдым покрытием, м	0.0	NearAuto
620	Протяжённость дорог с твёрдым покрытием, м	4092.9	LenghtAuto
621	Количество дорог с твёрдым покрытием	3	CountAuto
622	Протяжённость дорог с твёрдым покрытием, м / км <sup>2</sup>	40.9	LenghtAuto1km

Рис. 2. Характеристики геофрагмента в СБГД

Если для всех элементов сценарного плана сформированы Правила, коэффициент пригодности  $V^{x,y}$  в (1) вычислялся по формуле:

$$V_{lk}^{x,y} = R_{lk}, \tag{2}$$

Где:  $R_{lk}$  – значение, полученное в соответствии с Правилами, сформулированными для слоя  $l$ ,

$$R_{lk} \in N_0 = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}.$$

В противном случае вычисление коэффициента пригодности  $V^{x,y}$  выполнялось согласно формуле:

$$V_{lk}^{x,y} = 5 \cdot \frac{v_{lk}^{x,y} - \min v_{lk}}{\max v_{lk} - \min v_{lk}}, \tag{3}$$

Где:  $l$  – тематический слой в СБГД,

$v^{x,y}$  – значение, взятое из ячейки СБГД, принадлежащей геофрагменту с координатами  $\{x, y\}$  тематического слоя  $l$ ,

$\min v$  and  $\max v$  – минимальное и максимальные значения в ячейках СБГД для тематического слоя  $l$ .

В сценарных планах, предусматривающих обратный порядок расчёта КП (например, вместо территорий с высокой плотностью населения необходимо найти те, что имеют низкую плотность населения), коэффициент пригодности в (1) имеет индекс <sup>(ин)</sup> и вычислялся как:

$$(V_{lk}^{x,y})^{ин} = 5 - V_{lk}^{x,y} \tag{4}$$

### Верификация результатов моделирования

Верификация результатов моделирования (КП<sub>мод</sub>) осуществлялась по принципу равнозначности [1]. Экспертами вычислялись значения коэффициентов пригодности (КП<sub>расч</sub>) на контрольные геофрагменты территории для каждого Правила. Значения перепроверялись, согласовывались и утверждались в качестве эталонных. На контрольных геофрагментах рассчитывался коэффициент достоверности модели:

$$\chi = \frac{КП_{мод}}{КП_{расч}}. \tag{3}$$

В зависимости от Правила, значение  $\chi$  варьировалось от 0,983 до 1,000. Результат моделирования считался верифицированным если расхождение между КП<sub>расч</sub> и КП<sub>мод</sub> в (3) не превышало 2 % ( $0,98 < \chi \leq 1,000$ ).

### Визуализация результатов сценарного моделирования

На основе выявленных ведущих экономических факторов Новосибирской области было сформировано 29 матриц качества и удалённости (тематические слои), используемых в сценарных планах. В ходе исследования моделировалось 36 инвестиционных и социально-ориентированных сценарных планов. Результаты моделирования визуализировались как полупрозрачные полутонные растровые карты, наложенные на картографическую основу (рис. 3).

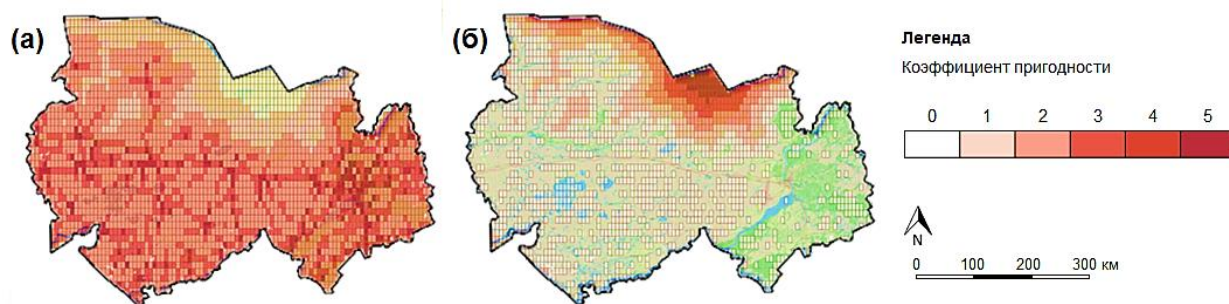


Рис. 3. Результаты сценарного моделирования: (а) геофрагменты с развитой сетью автодорог, (б) геофрагменты с малым числом автодорог с твёрдым покрытием

### Результаты

Результаты, полученные в ходе апробации технологии сценарного пространственного анализа, показали возможность её успешного применения для выявления территорий, которые могут быть задействованы в различных производственных цепочках, и для выработки рекомендаций при разработке стратегий и долгосрочных планов регионального развития.

Анализ карт пригодности инвестиционных сценарных планов, выявил перспективные направления регионального и межрегионального экономического сотрудничества. Удалось выделить и объединить в специализированные промышленные кластеры геофрагменты с КП 4–5, имеющие транспортное сообщение друг с другом (рис. 4 а).

По картам пригодности, полученным согласно социально-ориентированным сценарным планам, удалось вскрыть проблемы, препятствующие развитию северных и северо-западных территорий и сформулировать рекомендации для вовлечения этих территорий в экономическую деятельность региона (рис. 4 б).

Сравнение местоположения геофрагментов, в которых значения КП для 36 сценарных планов равнялись 4 и 5, показало, что 51 % перекрываются сценарными планами 20–27 раз, 34 % – 5–19 раз и 15 % менее 5 раз (рис. 4 в). Это позволило сделать вывод о том, что одновременная реализация нескольких сценарных планов с КП 4–5 на одной и той же территории может привести к истощению имеющихся ресурсов и ослаблению существующих производственных цепочек, а возможные траектории развития территории следует рассматривать не как «траектория 1 *и* 2 *и* ...», а как «траектория 1 *или* 2 *или* ...».

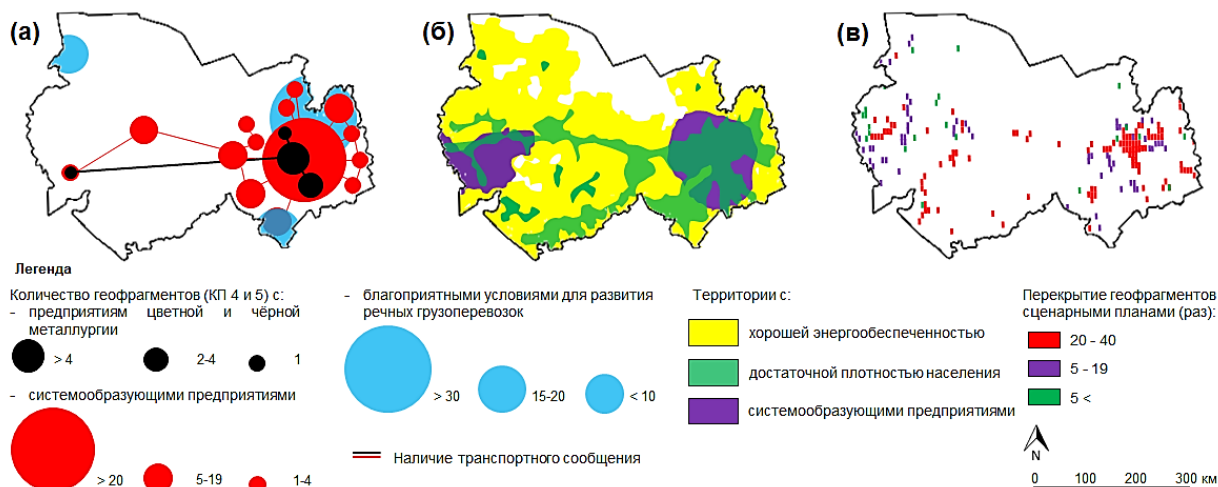


Рис. 4. Результаты пространственного анализа: (а) места действующих и возможных кластеров и производственных цепочек, (б) территории, имеющие потенциал развития, (в) геофрагменты с КП 4–5, перекрывающиеся разными сценарными планами

Также, анализ полученных результатов показал, что ведущие экономические драйверы и экспертные базы знаний разных регионов могут существенно отличаться друг от друга [19], поэтому масштабирование разработанной технологии и её использование для выработки управленческих решений не может быть механическим, а применённые инновации и подходы требуют дальнейшего совершенствования и апробации.

### Литература

1. Джурка Н.Г. Тестирование альтернативных моделей регионального экономического роста: грани возможного // *Пространственная экономика*. - 2022. - №18(1). - С. 168–183.
2. Карпик А.П., Лисицкий Д.В., Осипов А.Г., Савиных В.Н. Геокогнитивные методы обеспечения анализа и прогнозирования социально-экономического развития территорий ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М: Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27. Ч. 2. С. 128-140. Кузнецова О.В. Стратегия пространственного развития Российской Федерации: иллюзия решений и реальность проблем // *Пространственная экономика*. - 2019. - №15(4). - С. 107–125.
3. Avin U., Goodspeed R. (2020) Using exploratory scenarios in planning practice: A spectrum of approaches. *Journal of the American Planning Association*, 86(4), pp. 403-416.
4. Bateman I. J., Lovett A. A., Brainard J. S. (2003) Applied environmental economics: A GIS approach to cost-benefit analysis. *Applied environmental economics: A GIS approach to cost-benefit analysis*, pp. 1-339.
5. Batey P. W. J., Friedrich P. (Eds) (2000) *Regional Competition*. Springer, Berlin.
6. Bell S., Morse S. (2018) Sustainability indicators past and present: What next? *Sustainability (Switzerland)*, 10(5).
7. de Groot R. S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemsen L. (2010) Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision-making. *Ecological Complexity*, 7(3), pp. 260-272.
8. Diao X. D., Zeng S. X., Tam C. M., Tam V. W. Y. (2009) EKC analysis for studying economic growth and environmental quality: A case study in china. *Journal of Cleaner Production*, 17(5), pp. 541-548.
9. Egoh B., Reyers B., Rouget M., Richardson D. M., Le Maitre D. C., van Jaarsveld A. S. (2008) Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127(1-2), pp. 135-140.
10. Fisher B., Turner R. K., Morling P. (2009) Defining and classifying ecosystem services for decision-making. *Ecological Economics*, 68(3), pp. 643-653.
11. Han Z., Jiao S., Zhang X., Xie F., Ran J., Jin R., Xu S. (2021) Seeking sustainable development policies at the municipal level based on the triad of city, economy and environment: Evidence from Hunan Province, China. *Journal of Environmental Management*, 290.
12. Hanink D. M. (1997) *Principles and applications of economic geography: Economy, policy, environment*. New York: Wiley.
13. Hao L., Zhu Q. (2015) Spatial structure of regional economic development in Henan Province, China.
14. Hotelling H. (1929) Stability in Competition. *Economic Journal*, 39 (153), pp. 41–57.
15. Li J.M., Zhang W.Z., Chen H.X., Yu J.H. (2015) The Spatial Distribution of Industries in Transitional China: A Study of Beijing. *Habitat International*, 49, pp. 33-44.
16. Li X., Yeh A.G.-O. (2000) Modelling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14:2, pp. 131-152.
17. Li Z., Jiao L., Zhang B., Xu G., Liu J. (2021) Understanding the pattern and mechanism of spatial concentration of urban land use, population and economic activities: a case study in Wuhan, China. *Geo-spatial Information Science*, 24:4, pp. 678-694.
18. Musikhin I., Karpik A. (2023) Use of GIS technology and cellular automata for modeling multiple socio-economic scenarios of regional spatial development and inter-regional cooperation. *Geo-spatial Information Science*, 26:1, pp. 71-93.
19. Myadzelets A. V. (2018) Role of territorial remoteness, economic and social factors in development of Siberian and northern regions of Russia. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 190 (1): 012060.
20. Saganeiti L., Mustafa A., Teller J., Murgante B. (2021) Modeling urban sprinkling with cellular automata. *Sustainable Cities and Society*, 65: 102586.
21. Seliverstov V. E., Melnikova L. V., Kolomak E. A., Kryukov V. A., Suslov V. I., Suslov N. I. (2019) Spatial Development Strategy of Russia: Expectations and Realities. *Regional Research of Russia*, 9 (2), pp. 155-163.
22. Stead D. (2021) Conceptualizing the policy tools of spatial planning. *Journal of Planning Literature*, 36(3), pp. 297-311.
23. Swetnam R. D., Fisher B., Mbilinyi B. P., Munishi P. K. T., Willcock S., Ricketts T., Mwakalila, S., Balmford A., Burgess N. D., Marshall A. R., Lewis S. L. (2011) Mapping socio-economic scenarios of land cover change: A GIS method to enable ecosystem service modelling. *Journal of Environmental Management*, 92(3), pp. 563-574.

24. Von Neumann J. (1966) Theory of Self-Reproducing Automata. Urbana: University of Illinois Press.
25. Yang Z.S., Sliuzas, R., Cai, J.M., Ottens, H.F.L. (2012) Exploring Spatial Evolution of Economic Clusters: A Case Study of Beijing. International Journal of Applied Earth Observations & Geoinformation, 19, pp. 252-265.
26. Zeng X., Xiang, H., Xue, Y., Su, Y., Tong, Y., Mao, Z. (2021) A scenario-based optimization frame to adjust current strategy for population- economy-resource-environment harmony in an urban agglomeration, china. Sustainable Cities and Society, 67.
27. Zhang J., Wang, Q., Xia, Y., Furuya, K. (2022) Knowledge map of spatial planning and sustainable development: A visual analysis using CiteSpace. Land, 11 (3): 331.



## ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА С ВЛС С НАПРАВЛЕНИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ НА ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗУ

Сахаутдинов Р.В., Гилаев Д.М., Хамитов М.Ш., Аминов А.Р.  
СП «Татнефть-Добыча» ПАО «Татнефть», г. Альметьевск

В 2023 году в СП «Татнефть-Добыча» ПАО «Татнефть» существенно выросли по сравнению с 2022 годом объемы по бурению скважин (145%), капитальному ремонту трубопроводов (211%), ремонту стыков (490%). Выполнение этих работ сопровождается полевыми звеньями маркшейдерско-землеустроительного центра (МЗЦ). Для повышения производительности выполнения топографических съемок, был применен метод с использованием БПЛА с ВЛС.

В мае 2022 г. специалистами ПАО «Татнефть» был выполнен ОПР по облету территории проектируемого объекта «Реконструкция ДНС-10 НГДУ «Альметьевнефть». Полевые и камеральные работы выполнялись в соответствии нормативной документацией:

Перечень нормативных документов	
1	Свод правил <a href="#">СП 47.13330.2016</a> . Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (утв. приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству от 30 декабря 2016 г. №1033/пр)
2	Свод правил <a href="#">СП 11-104-97</a> «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» (внесен ПНИИИСом Госстроя России, принят и введен с 1 января 1998г. впервые)
3	<a href="#">ГОСТ Р 21.101-2020</a> «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июня 2020г. №282-ст)
4	<a href="#">ГОСТ 21.301-2014</a> «Система проектной документации для строительства. Основные требования к оформлению отчетной документации по инженерным изысканиям» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014г. №1831-ст. Межгосударственный стандарт введен впервые в действие в качестве национального стандарта РФ с 01 июля 2015г.)
5	Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (утверждены ГУГК при Совете Министров СССР 25 ноября 1986г. – Москва, «Недра», 1989г.)

Рис.1. Используемая регламентирующая документация

### 1. Воздушно-лазерное сканирование.

Для выполнения работ по воздушному лазерному сканированию было использовано следующее оборудование:

- воздушный лазерный сканер RIEGLminiVUX-2UAV на базе многороторного БПЛА.



Рис.2. RIEGLminiVUX-2UAV на базе БПЛА Matrice M600

Работы по ВЛС содержат следующие основные этапы — планирование маршрутов

ВЛС, выполнение ВЛС, камеральная обработка.

Планирование и контроль работ выполнялись с помощью ПО UgCS, которое поставляется в комплекте с оборудованием.

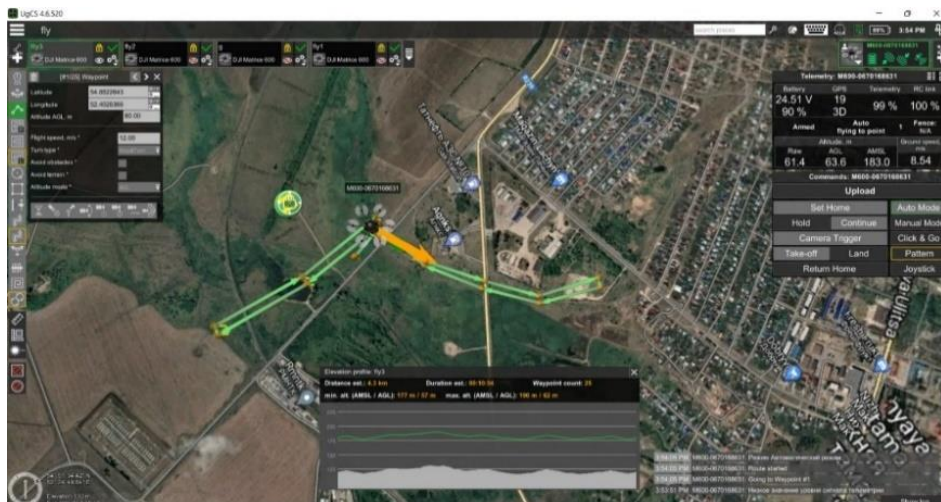


Рис.3. Окно планирования работ в ПО UgCS

Для оценки плановой точности полученных материалов использовались характерные точки объектов, отображенных как на облаках точек ВЛС, так и на ортофотопланах. В качестве контрольных значений использовались координаты этих точек, полученные в результате инструментальной съемки, выполненной специалистами ПАО «Татнефть». Для оценки плановой точности использовались отклонения координат характерных точек, измеренных по материалам ВЛС и АФС от их значений, полученных в результате инструментальной съемки. Измерения в сети проведены в режиме статики, наблюдения на определяемых пунктах велось не менее 1 часа на каждом. Увязка результатов выполнена в программе «Кредо ГНСС». Увязка выполнена с условием, что на каждом определяемом пункте сходится не менее трех векторов.



Рис.4. Закрепление временных центров

Воздушно-лазерное сканирование было выполнено по следующим параметрам:

- дальность измерений- 400 м;
- высота полета 50-80 м;
- частота повторения импульсов- 200 кГц;

- продольное перекрытие снимков- 50%, поперечное перекрытие снимков- 50%
  - разрешение снимков на местности- 0.05 м.
- Работы выполнялись с использованием ГССН ПАО «Татнефть»

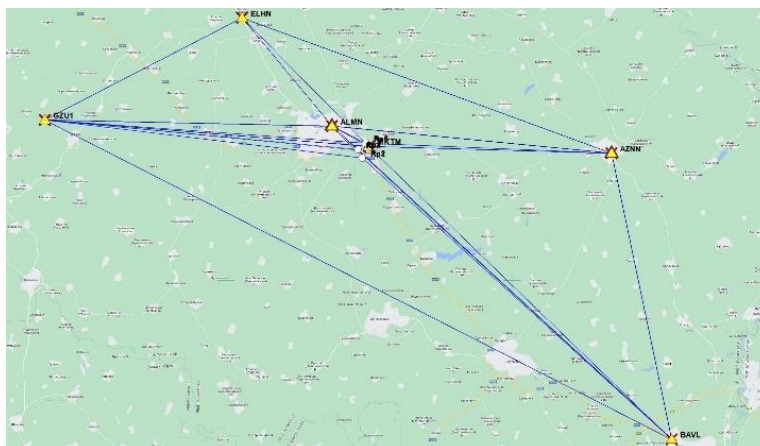


Рис.5. Карта привязки к геодезической сети специального назначения ПАО «Татнефть»

В ходе работ возникла проблема при пересчете системы координат WGS-84 в МСК-Татнефть. В связи с тем, что МСК Татнефть была основана на спутниковых измерениях по ряду пунктов в следующем порядке: WGS-84 – СК Крассовского – Проекция МСК-16 – Калибровка МСК Татнефть, появилась необходимость в ПО GeoSysManager вносить все этапы перехода. Так же, возможно произвести экспорт калиброванного проекта из ПО Trimble Business Center без учета геоида и импортировать в ПО GeoSysManager с добавлением EGM96. Сравнение точности определения координат была выполнена путем закладки пунктов ГРО и составила в среднем 0.09 м., как в плане, так и по высоте.

Последующая обработка выполнялась с использованием ПО RiPROCESS. Контроль качества обработки выполнялся по величинам ошибок расчетных значений центров фотографирования, которые не превысили 0.8 пикс., что соответствует 0.04 м.

Обработка материалов ВЛС выполнялась по следующей программе:

- восстановление траектории ВЛС по данным ГНСС и инерциальной системы;
- построение облака точек с использованием точных данных траектории и измерений лидара;
- объединение и уравнивание облаков точек по траекториям;

## 2. Камеральная обработка.

В ходе обработки данных воздушно-лазерного сканирования, получены материалы неклассифицированного облака точек в формате LAS. Дальнейшие работы по камеральной обработке, проводились в ПО Кредо 3д СКАН:

- фильтрация различных видов шумов в облаке точек;
- выделение (классификация) рельефа;
- прореживание облака точек и построение цифровой модели рельефа (ЦМР);
- классифицирование объектов по цвету, высотным отметкам;
- распознавание в автоматическом режиме линии электропередачи (опоры и провода) по облаку точек с последующей интерактивной проверкой результатов;
- распознавание по облаку точек объектов дорожной инфраструктуры: разметки, бровок и подошв земляного полотна, кромок покрытия, бордюров, столбов дорожных знаков, сигнальных столбиков;

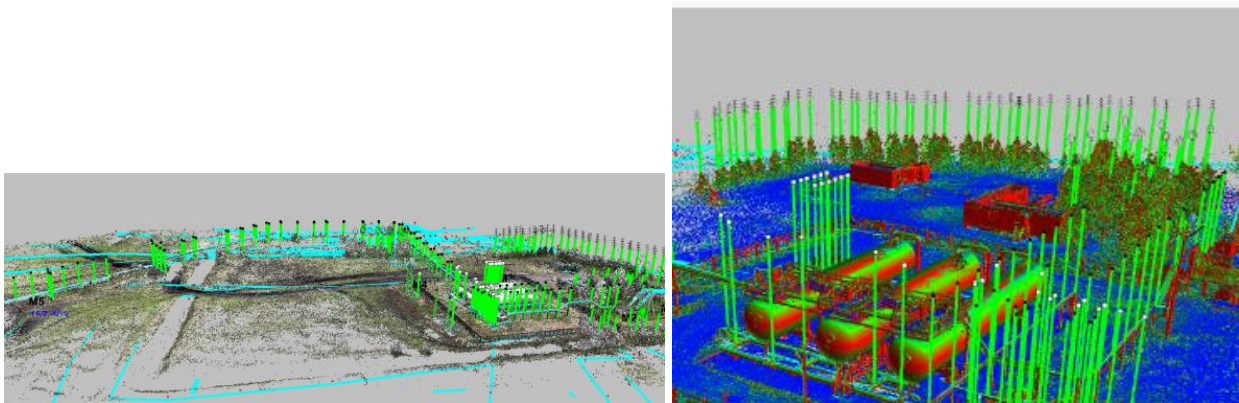


Рис.6. Процесс камеральной обработки в КРЕДО 3д СКАН.

Согласно п. 5.1.17 СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» Средние погрешности определения планового положения предметов и контуров местности с четкими, легко распознаваемыми очертаниями (границами) относительно ближайших пунктов геодезической основы, не должны превышать в масштабе плана на незастроенных территориях - 0,5 мм для открытой местности и 0,7 мм - для горных и залесенных районов. В случае масштаба 1:500 указанная средняя погрешность будет составлять 0,25 м.

В соответствии п. 5.1.19 данного нормативного документа средние погрешности съемки рельефа относительно ближайших точек геодезического обоснования не должны превышать по высоте:

1/4 принятой высоты сечения рельефа при углах наклона до 2°;

1/3 при углах наклона от 2° до 6° для планов масштабов 1:5000, 1:2000 и до 10° для планов масштабов 1:1000 и 1:500;

На лесных участках местности эти допуски увеличиваются в 1,5 раза.

В случае масштаба 1:500, при высоте сечения 0,5 м указанная средняя погрешность будет составлять 0,13 м.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что точность высот метода ВЛС соответствует точности масштаба 1:500.

Имя	N. м	E. м	H. м	dN. м	dE. м	dH. м
Rp1	**71462.325	**23839.466	*21.483	-0,041	0,087	0,092
Rp6	**74042.699	**24387.672	*06.230	-0,067	-0,079	0,130
Rp4	**72971.277	**23078.471	*35.990	0,045	-0,044	0,060
Rp3	**72853.191	**22976.048	*37.821	0,020	0,036	0,097
Rp5	**74086.857	**24353.922	*07.133	0,062	-0,055	0,109
Rp2	**71504.400	**23807.421	*22.772	-0,078	-0,102	0,048

Рис.7. Полученные СКП по результатам ВЛС

По итогам камерального трассирования выполнены инженерно-топографические планы с трассой и профиль с разбивкой пикетажа, составлены ведомости по трассе линейного сооружения. Трассирование линейных сооружений выполнено в 2 стадии: камеральное и полевое. Камеральное трассирование выполнено путем импорта данных в формате «shp» в ПО КРЕДО 3д СКАН. Была разбита трасса напорного нефтепровода. При полевом трассировании выполнено: уточнены предварительные направления трассы на местности с учетом ситуации и рельефа (вынос намеченных трасс на местность), выполнена проверка полноты наличия подземных коммуникаций трассопоисковым оборудованием.

Полнота наличия подземных коммуникаций и их технические характеристики согласованы с эксплуатирующими организациями.

Все материалы созданы в системе координат МСК «Татнефть» и совместимы с ПО, используемым в подразделениях ПАО «Татнефть».

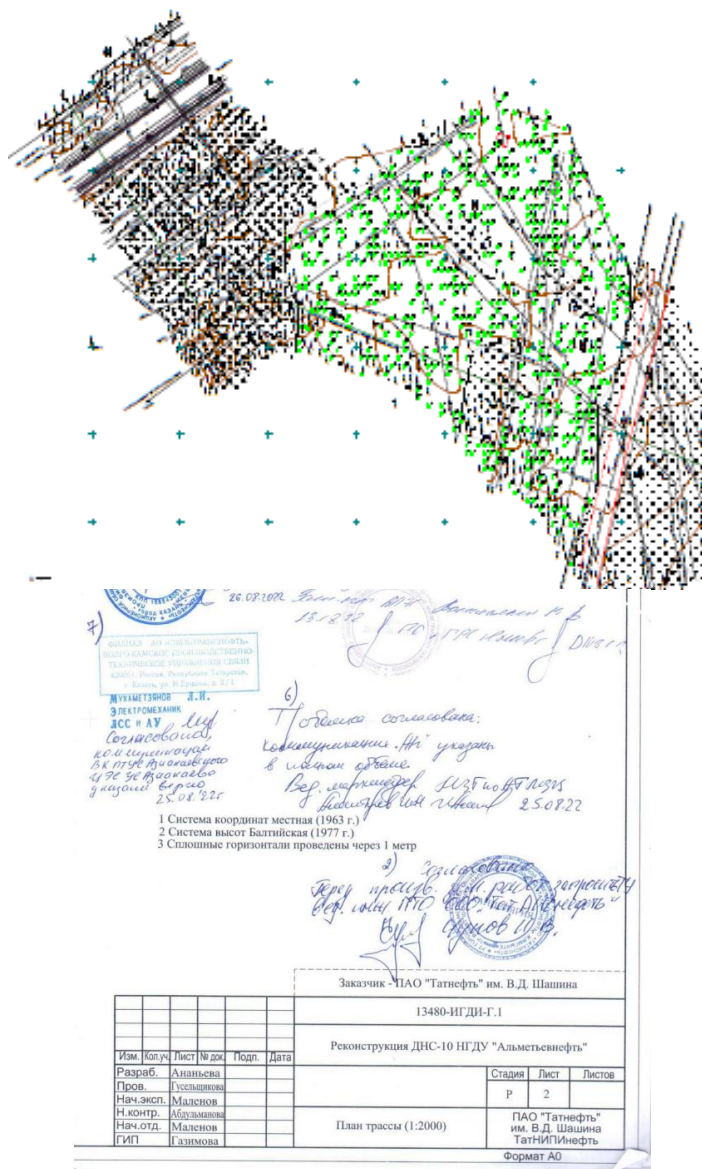


Рис.8. Топографический план и листы согласования

### 3. Экспертиза в ФАУ «ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗА РОССИИ»

Для получения заключения государственной экспертизы на инженерные изыскания, согласно п.14 Постановления № 145 Правительства Российской Федерации «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» необходимо предоставить результаты инженерных изысканий в соответствии с требованиями (в том числе к составу указанных результатов), установленными законодательством Российской Федерации, т.е. полный комплект основных видов инженерных изысканий, (инженерно-геодезические; инженерно-геологические; инженерно-экологические и инженерно-гидрометеорологические).

При обсуждении вопросов по сдаче материалов инженерных изысканий на ГГЭ было принято решение о получении консультационных услуг от ФАУ «Главгосэкспертиза России». По результатам услуг выдано заключение № 01925-23/ГГЭ-36402/11 с рекомендациями по устранению замечаний для сдачи объекта на государственную

экспертизу, где первым пунктом указано: «**Результаты инженерно-геодезических изысканий соответствуют действующим техническим регламентам.**».

А К Т  
об оказанных услугах  
от 10.04.2023  
по договору от 01.02.2023 № 0520Д-23/ГТЭ-36402/11/КУ/ЭД

г. Москва

Федеральное автономное учреждение «Главное управление государственной экспертизы» (ФАУ «Главгосэкспертиза России»), именуемое в дальнейшем «Исполнитель», в лице начальника Уральского филиала В.Ю. Хохлова, действующего на основании доверенности № 206 от 27 декабря 2021 г., настоящим Актом подтверждает оказание следующих услуг Публичному акционерному обществу "Татнефть" имени В.Д. Шашина (ПАО "Татнефть" им. В.Д. Шашина), именуемому в дальнейшем «Заказчик», по договору от 01.02.2023 № 0520Д-23/ГТЭ-36402/11/КУ/ЭД.

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость услуг всего без НДС, руб.	Сумма НДС, руб.	Стоимость с учетом НДС, руб.
1	Консультационные услуги по вопросам, указанным в задании на оказание консультационных услуг (Приложение № 1 к договору), по объекту: «Реконструкция ДНС-10 НЕДУ «Альметьевнефть»»	Услуга	1			
Итого:						

В соответствии с пунктом 1.1 договора от 01.02.2023 № 0520Д-23/ГТЭ-36402/11/КУ/ЭД консультационные услуги Заказчику в полном объеме и заключение надлежащим образом оформлено и направлено в личный кабинет заявителя в подсистеме взаимодействия с заявителем автоматизированной информационной системы «Главгосэкспертиза».

Исполнитель:                    ФАУ «Главгосэкспертиза России»  
Начальник Уральского филиала  
В.Ю. Хохлов  
*Документ подписан  
квалифицированной  
электронной подписью*

## 2.2. Выводы, сделанные по результатам проведенной оценки

1. Результаты инженерно-геодезических изысканий соответствуют действующим техническим регламентам.

2. В отчет по инженерно-геодезическим изысканиям рекомендуется внести изменения:

- техническое задание и программа работ должны быть подписаны заказчиком и исполнителем, содержать полные даты подписания;
- техническое задание должно содержать ситуационный план местности с данными о границах производства топографической съемки;
- по характеру закрепления пунктов плано-высотного обоснования (металлические штыри) все созданные пункты – временные, необходимо уточнить виды выполненных работ (опорная геодезическая сеть по этому признаку не создавалась);
- в таблице выполненных работ уточнить виды работ (п.4 содержит сведения об объекте, а не о выполненных работах, необходимо использовать термины, позволяющие сопоставить выполненные работы со сметной документацией – изыскание трассы, либо топографическая съемка соответствующего масштаба).

## 3. Вывод по результатам проведенной оценки:

Проектные материалы рекомендуются к реализации с учетом:

- техническое задание и программа работ должны быть подписаны заказчиком и исполнителем, содержать полные даты подписания;
- техническое задание должно содержать ситуационный план местности с данными о границах производства топографической съемки;
- по характеру закрепления пунктов плано-высотного обоснования (металлические штыри) все созданные пункты – временные, необходимо уточнить виды выполненных работ (опорная геодезическая сеть по этому признаку не создавалась);
- в таблице выполненных работ уточнить виды работ (п.4 содержит сведения об объекте, а не о выполненных работах, необходимо использовать термины, позволяющие сопоставить выполненные работы со сметной документацией – изыскание трассы, либо топографическая съемка соответствующего масштаба).

Рис.9. Результаты оказания консультационных услуг.

## Выводы

Результаты выполненных работ позволяют рекомендовать метод ВЛС совместно с цифровой аэрофотосъемкой для картографирования масштаба 1:500 на открытых, застроенных и залесенных территориях. Обязательным условием, при выполнении работ по ВЛС для составления топографических планов масштаба 1:500 — 1:1000, является одновременное выполнение цифровой аэрофотосъемки, особенно на застроенных территориях. Полученные материалы аэрофотосъемки используются как для обработки материалов ВЛС, так и для выполнения детального камерального дешифрирования.

В ходе выполнения данной работы выявлены основные преимущества метода ВЛС:

1. Совокупная скорость съемки и обработки данных, полученных методом ВЛС, в несколько раз быстрее наземной топографической съемки и аэрофотосъемки.
2. Данные, полученные ВЛС, позволяют полностью отобразить геометрические параметры объекта, описать форму и характер обследуемой поверхности, что невозможно получить при наземной топографической съемке.
3. Точность метода ВЛС сопоставима с точностью топографической съемки и выше точности классической аэрофотосъемки.
4. Возможность получения «картинки» земной поверхности даже под плотной растительностью, при любом рельефе местности.
5. Полностью цифровой формат данных позволяет максимально автоматизировать процесс их обработки, и практически исключить влияние субъективных факторов на результат.

Опираясь на результаты работ, можно рекомендовать метод ВЛС к внедрению в производственные процессы ПАО «Татнефть», как наиболее современный, экономически целесообразный метод.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ СПУТНИКОВОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПО В СОСТАВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ. ВЫЗОВЫ ВРЕМЕНИ.

*Равер А.Л.*  
ООО «EFT Group»

---

Введенные в действие, со стороны недружественных РФ государств, санкционные ограничения создают риски для эффективной эксплуатации геодезического спутникового оборудования, произведенного в этих странах и перераспределяют доли рынка геодезического оборудования и ПО. Наряду с ограничениями, в том числе сервисов Omnistar и StarFire, использование сигналов диф.коррекции в реальном времени востребовано во многих отраслях экономики Республики Татарстан ( сельское хозяйство, дорожное строительство, геодезия, маркшейдерия, кадастр и др.)

Создание, модернизация и развитие региональной СГСН на территории Республики Татарстан, является важной задачей, решение которой позволит обеспечить устойчивое развитие многих отраслей экономики республики.

Переориентация рынка геодезического оборудования и ПО на производителей РФ, использующих компоненты и технологии из Китая, является путем решения задач, связанных с поставками и производством спутникового геодезического оборудования для использования в составе геодезических сетей специального назначения на территории РФ в условиях действующих ограничений.

Уход с рынка геодезического оборудования и ПО ряда зарубежных компаний приводит к наращиванию ресурсов отечественных производителей и разработчиков ПО, направленных на создание альтернативных решений. ПО «EFT ГНСС ИНРАСТРУКТУРА» (№16145 в реестре отечественного ПО) как яркий пример повышения уровня информационной независимости эксплуатантов геодезических сетей специального назначения.

## ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ, ПО ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ В ПУСТЫННЫХ РЕГИОНАХ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

*Шагеев А.Ф., Долгих С.А., Касабулатова К.Р., Котельникова В.А.*

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий*

Государство обладает ограниченной территорией и ограниченными природными ресурсами, локализовать все новые «легкие» месторождения с каждым годом становится все сложнее. Такие источники заканчиваются, в то время как от поддержания объемов добычи горючих полезных ископаемых на одном уровне зависит благосостояние страны. В этих условиях нефтегазовые компании закичивают большее внимание на уже открытые и разведанные залежи, стремясь достигнуть в них максимального значения коэффициента извлечения нефти (КИН), а также обращают свой взор на трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ). На территории России запасы природных битумов и высоковязких нефтей составляют по примерным подсчетам 75 млрд. тонн. Однако добыча подобных ресурсов сопровождается определенными трудностями. На данный момент для улучшения показателей добычи на месторождениях битумов существует множество устройств, спускаемых в скважину как для обработки призабойной зоны пласта для очистки от асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), так и для разогрева призабойной зоны пласта (ПЗП) в целях снижения вязкости нефти и увеличения дебита скважины. Одним из решений в области подобных устройств стал твердотопливный теплогазогенератор, разработанный базе Казанского (Приволжского) Федерального Университета. Технология отличается конструктивно от подобных механизмов, ее преимущества состоят в эффективности наряду с дешевизной применения в сравнении с закачкой кислорода или методами, предусматривающими поддержание температуры за счет электропрогрева. Кроме того, коэффициент полезного действия (КПД) твердотопливных теплогенераторов всегда отличался высокими показателями, в отличие от электрических нагревателей - также подобные технологии обычно не применяются на больших глубинах ввиду возрастающих с длиной ствола скважины расходов. ТТН же, благодаря экзотермическим химическим реакциям в основе работы, имеет намного меньшую зависимость от глубины залегания пластов (единственным аспектом здесь будет являться мощность компрессора для закачки кислорода, необходимого для запуска реакции).

Анализ месторождения. Нефть месторождения Жыланкабак относится к высоковязким (таблица 1). Естественные изотермические условия практически не обеспечивают необходимой подвижности этой нефти во время фильтрации по пласту и притока в скважины. Применение различных вытеснителей (холодная вода, воздух, газ и др.) в таком случае не даёт желаемого эффекта, т.к. вследствие высоких вязкостных соотношений происходит прорыв вытесняющих агентов и резко снижается эффективность разработки месторождений. Иногда при сверхвязких нефтях (100 мПа\*с и более) затруднительно нагнетать рабочие агенты в пласт. [1]

Таблица 1

Параметры нефти

Параметр	Жыланкабак
Вязкость (при 20°C)	381.62 мПа*с
Плотность в поверхностных условиях	0.913 т/м <sup>3</sup>

Дебит  $q_c$  (см<sup>3</sup>/сек) гидродинамически совершенной скважины, вскрывшей однородный изотропный пласт, при плоскорадиальном притоке однородной несжимаемой жидкости, линейном законе сопротивления и стационарном режиме фильтрации определяется по формуле 1.



$$q_c = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot k \cdot h \cdot (P_{пл} - P_з)}{b \cdot \mu \cdot \ln\left(\frac{R_k}{r_c}\right)}, \quad (1)$$

- где:
- $k$  – проницаемость продуктивного пласта, мкм<sup>2</sup>;
  - $h$  – вскрытая толщина пласта, м;
  - $P_{пл}$  – пластовое давление на контуре, МПа;
  - $P_з$  – забойное давление, МПа;
  - $R_k$  – радиус влияния скважины, м;
  - $r_c$  – радиус скважины, м;
  - $b$  – объемный коэффициент жидкости;
  - $\mu$  – вязкость жидкости в пластовых условиях, мПа\*с

Зависимость изменения вязкости нефти в пластовых условиях от температуры для условий месторождения Жыланкабак представлена графиком (рис. 1), построенным по данным таблицы 2.

Таблица 2

Вязкость нефти и температуры в пластовых условиях

Месторождение	Температура на забое скважины, °С	Вязкость нефти, мПа*с	Потенциальный дебит жидкости, м <sup>3</sup> /сут
Жыланкабак	20.0	650.0	0.99
	30.0	300.0	2.13
	50.0	90.0	7.15
	80.0	24.0	26.7

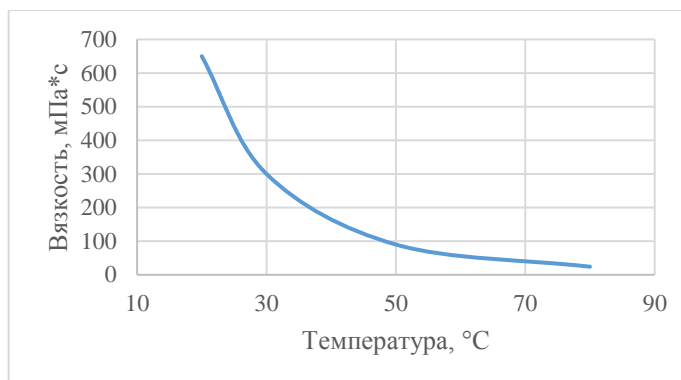


Рис. 1. Зависимость вязкости нефти от температуры условиях пластовых давлений

Исходные данные для расчёта потенциального возможного дебита жидкости представлены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные

Показатели	Единицы измерения	Месторождение Жолдыбай	Месторождение Жыланкабак
Среднее значение проницаемости	мкм <sup>2</sup>	0.5	0.285
Среднее значение вскрытой толщины пласта	м	5.0	15.0
Среднее значение депрессии ( $P_{пл} - P_з$ )	МПа	0.96	2.0
Объемный коэффициент	доли ед.	1.066	1.006

Результаты расчёта потенциального возможного дебита жидкости на одну скважину по месторождению Жыланкабак в зависимости от изменения вязкости нефти, связанного с изменением температуры на забое скважин представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расчет дебита

Месторождение	Температура на забое скважины, °С	Вязкость нефти, мПа*с	Потенциальный дебит жидкости, м <sup>3</sup> /сут
Жолдыбай	20.0	200.0	0.90
	30.0	113.0	1.54
	40.0	70.0	2.42
	60.0	20.0	8.50
	80.0	4.0	42.4
Жыланкабак	20.0	650.0	0.99
	30.0	300.0	2.13
	50.0	90.0	7.15
	80.0	24.0	26.7

Геолого-физические характеристики, влияющие на выбор скважин для обработки призабойных зон ТТН на нефтяном месторождении Жыланкабак.

Нефтяное месторождение Жыланкабак в административном отношении расположено в Жылойском районе Атырауской области и находится в 290 км к северо-востоку от г. Атырау.

Ближайшие железнодорожные станции и нефтепромыслы Доссор и Макат расположены соответственно в 113 и 97 км к западу. Рельеф местности слаборасчлененный, всхолмленный. Гидросеть развита слабо и представлена речкой Кайнар. Связь с месторождением осуществляется автотранспортом по грунтовым дорогам. Климат района резко континентальный. Район слабо населен, постоянных населенных пунктов нет. В основном территория района используется как пастбище. В тектоническом отношении месторождение находится в юго-восточной части Прикаспийской впадины. Промышленная нефтеносность на месторождении приурочена к четырём продуктивным горизонтам: аптскому, барремскому и 2-м среднеюрским (J2-I+J2-II). С целью повышения эффективности системы разработки и увеличения коэффициента нефтеизвлечения в последнем проектном документе было предложено, в том числе пароциклическое воздействие, в частности в скв. № 62 на IV блоке. В 2001 году была пробурена и введена в эксплуатацию скважина № 62 в качестве добывающей на пласт Ю-I (J2-I) (колонна – 168,5 мм, максимальное давление опрессовки до 10 МПа). Геолого-физические характеристики объекта представлены в таблице 4.

Таблица 4

Геолого-физические характеристики продуктивного объекта Ю-I + Ю-II.

Параметры	В целом по месторождению
Количество залежей/продуктивных пластов/объектов	1 объект (Ю-I + Ю-II)
Средняя глубина залегания, м	400-500 м
Тип залежи	Пластовая, сводовая, тектонически-экранированная
Тип пород коллекторов	Терригенно-поровый

Продолжение таблицы 4

Количество скважин, вскрывших залежь/продуктивный пласт	31
Количество разломов	8
Площадь нефтегазоносности, тыс м <sup>2</sup>	1702
Средняя общая толщина, м	71,2
Средняя газонасыщенная толщина, м	Газа нет
Средняя нефтенасыщенная толщина, м	17,9
Средняя водонасыщенная толщина, м (ВНЗ)	10,8
Пористость, %	28
Средняя нефтенасыщенность ЧНЗ, доли ед.	0,69
Средняя нефтенасыщенность ВНЗ, доли ед.	0,65
Проницаемость, мкм <sup>2</sup>	0,54
Коэффициент песчанности, доли ед.	0,33
Дата начала разработки	2001
Количество добывающих/нагнетательных скважин	31/5
Начальная пластовая температура, °С	26
Начальное пластовое давление, МПа	4,26
Вязкость нефти в пластовых условиях, мПа·с	215
Плотность нефти в пластовых условиях, т/м <sup>3</sup>	0,913
Плотность нефти в поверхностных условиях, т/м <sup>3</sup>	0,920
Абсолютная отметка ВНК, м	Ю-I – 449 м
Объемный коэффициент нефти, доли ед.	1,005
Давление насыщения нефти газом, МПа	0,22
Газосодержание нефти, м <sup>3</sup> /т	2,68
Вязкость воды в пластовых условиях, мПа·с	1
Плотность воды в пластовых условиях, т/ м <sup>3</sup>	1
Средняя продуктивность, м <sup>3</sup> /(сут·МПа)	4,0
Коэффициент нефтеизвлечения, доли ед.	0,18

Указанные горизонты присутствуют в разрезах всех скважин в пределах выделенных блоков. Литологически они представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и глин, коллекторами являются песчаники и алевролиты, реже мелкозернистые пески высокоёмкие (Кп. - 0,28д.ед.) и высокопроницаемые (Кпр.- 540\*10-3мкм2). В скважине №62 IV блока по данным ГИС установлена нефтеносность в отложениях барремского продуктивного горизонта (табл. 5).

Таблица 5

Характеристика разреза скважины № 62 четвёртого блока месторождения Жыланкабак

Скв. №62 01.07.07	Определение текущей нефтенасыщенности пластов и технического состояния скважины.	Максимальный доход приборов составил- 487.5м По локатору муфт отбиваются фактические интервалы перфорации: 408.6-417.2 м., 420.3-421.6 м., 425.7-428.0 м Ю-I (J-I). 408.5-413.7 м остаточны нефтенасыщен с присутствием воды. 420.4-421.9 м – обводнен с остат.нефтью 421.9-423 м - обводнен 425.8-428.8 м – остаточны нефтенасыщен Рекомендации по скважине: изолировать обводненные интервалы и провести перфорацию в интервалах: 425.8-428.8м, 478.0-482.2м. при хорошей изоляции цементом. Позднее перфорированный интервал 260-262м, 262-264м (баррем) характеризуется как нефтенасыщенный по ГИС (закключение от 03.07.07г.) Водонефтяной контакт принят на абсолютной отметке минус 396,6 м.
----------------------	--	---

Водонефтяной контакт для данного блока принят на абсолютной отметке минус 396,6 м (табл. 4). В скважине № 62 четвертого блока по данным ГИС установлена нефтеносность в отложениях барремского продуктивного горизонта. В разрезе отложений горизонта прослеживается два самостоятельных продуктивных пласта А и Б, разделяющихся глинистой пачкой толщиной до 15 м. В разрезе скважины № 62 в продуктивном горизонте Ю-I (J<sub>2</sub>-I) четвертого блока нефтеносность установлена по данным ГИС и опробования.

В результате детальной пластовой корреляции с учетом данных опробования и интерпретации промыслово-геофизических исследований в Ю-I горизонте прослеживаются два продуктивных пласта А и Б, отделяющиеся друг от друга небольшой глинистой пачкой толщиной 2-7 м (рис. 2).

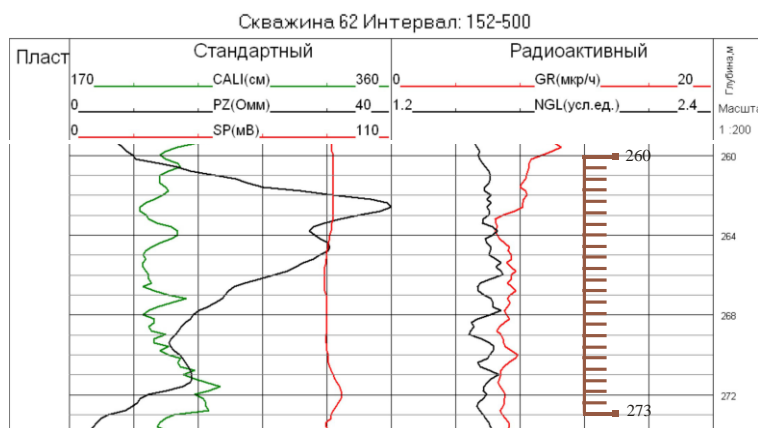


Рис. 2. Выкопировка из ГИС скв. № 62 нефтяного месторождения Жыланкабак

К IV блоку пласта А приурочена нефтяная залежь, продуктивность которой доказана опробованием трёх скважин, в том числе скв. № 62. Самая низкая отметка получения нефти установлена в скважине №62 до отметки минус 391,1 м. По пласту Б в скважинах №№3, 62, 63 пласты-коллекторы фиксируются как водонасыщенные с отметок минус 405, 396,1, 401,2 м. Водонефтяной контакт для данного блока принят в пределах минус 396,6 м. (рис. 2, 5).

Особенностью гидродинамического режима залежи является тектоническое экранирование с запада, севера и востока, с юга залежь ограничивается линией контура нефтеносности (рис. 3, 4, 5).

В целом по месторождению залежи всех продуктивных горизонтов по своему строению относятся к типу пластово-сводовых тектонически и литологически экранированных.

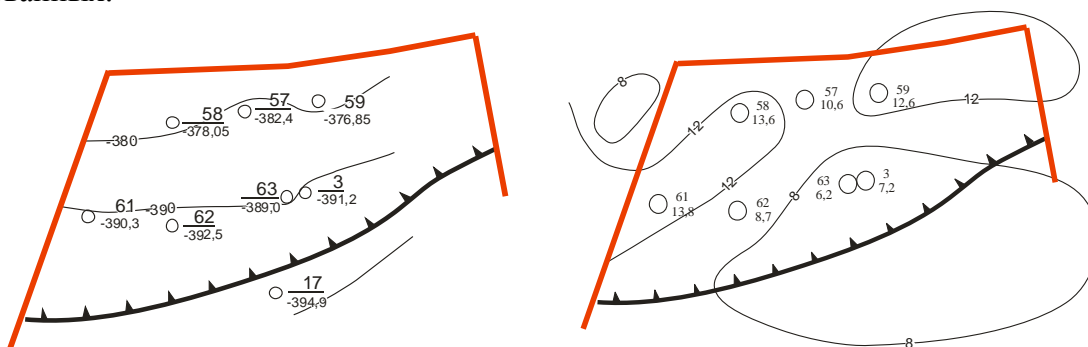


Рис. 3. Выкопировка из структурной карты по подошве продуктивного пласта А горизонта Ю-I (J<sub>2</sub>-I) четвертого блока.

Рис. 4. Выкопировка из карты общих нефтенасыщенных толщин продуктивного пласта А горизонта Ю-I (J<sub>2</sub>-I) четвертого блока.

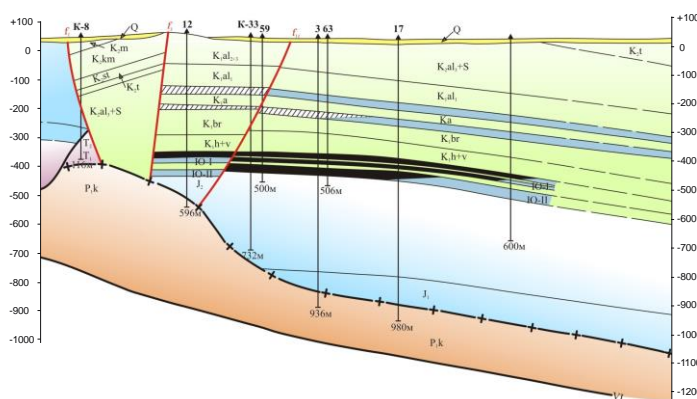


Рис. 5. Месторождение Жыланкабак, четвёртый блок. Выкопировка из схематического геологического профиля через скв. № 62.

Следующей особенностью продуктивного разреза месторождения является переслаивание нефтенасыщенных прослоев и интервалов с низким нефтенасыщением (табл. 5, пласт Ю-I). Не исключено присутствие высокого содержания газа в интервале залегания аптского горизонта. Из скв. № 62 были отобраны и проанализированы одна пластовая и одна поверхностная пробы нефти. Физико-химические свойства нефти продуктивного горизонта представлены в таблицах 6,7. Компонентный состав выделившегося из нефти газа приведён в таблице 8.

Таблица 6

Месторождение Жыланкабак. Физико-химическая характеристика нефти в поверхностных условиях из скважины 62

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Результаты
			скв. №62 2008г
			Мел
1	Плотность при 20 °С	г/см <sup>3</sup>	0,9490
2	Вязкость кинематическая при 20 °С	мм <sup>2</sup> /с	12943,62
3	Вязкость кинематическая при 50 °С	мм <sup>2</sup> /с	829,56
4	Содержание силикагелевых смол	% масс.	20,76
5	Содержание асфальтенов	% масс.	5,93
6	Содержание серы	% масс.	0,56
7	Температура застывания	°С	-1
8	Температура вспышки	°С	121
9	Содержание парафина	% масс.	56,8
10	Температура плавления парафина	°С	0,51
11	Содержание воды	% масс.	4,0
12	Кислотное число	мгКОН/г	4,89
13	Содержание механических примесей	% масс.	0,46
14	Содержание хлористых солей	мг/л	1221,92
15	Коксование	% масс.	3,74
16	Фракционный состав, Н.К	°С	270
17	Выход фракций до 220 °С	% объем.	-
18	до 230 °С	% объем.	-
19	до 240 °С	% объем.	-
20	до 250 °С	% объем.	-
21	до 260 °С	% объем.	-
22	до 270 °С	% объем.	-
23	до 280 °С	% объем.	1,0
24	до 290 °С	% объем.	3,0
25	до 300 °С	% объем.	7,0
26	Остаток	% объем.	93,0

Таблица 7

Месторождение Жыланкабак. Физико-химические свойства пластовой нефти в скважине 62

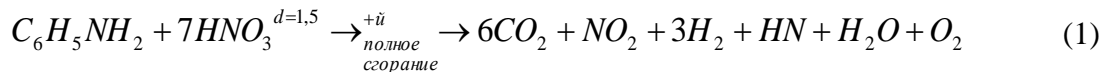
№ п/п	Параметры	Ед. изм.	Принятые значения по скважинам
			скв. № 62 2008г
1	Глубина отбора	М	263
2	Пластовая температура	°С	27,14
3	Пластовое давление	МПа	1,97
4	Давление насыщения при температуре пласта	МПа	0,56
5	Газовый фактор при стандартной сепарации по ОСТ 39-112-80 (объем газа приведен к давлению 0.1013 МПа и 20 °С)	м³/м³	1,305
6	Газовый фактор при стандартной сепарации по ОСТ 39-112-80 (объем газа приведен к давлению 0.1013 МПа и 20 °С)	м³/т	1,365
7	Объемный коэффициент нефти при стандартной сепарации	д.ед.	1.0085
8	Плотность нефти при пластовом давлении	г/см³	0.94845
9	Плотность нефти при давлении насыщения	г/см³	0.94515
10	Средний коэффициент изотермической сжимаемости нефти при пластовой температуре	10 <sup>-4</sup> 1/МПа	24,58
11	Вязкость нефти в пластовых условиях	МПа·с	8560
12	Плотность сепарированной нефти при стандартных условиях (20 °С, ГОСТ 3900-85)	г/см³	0.95565
13	Средний коэффициент растворимости газа	м³/м³* МПа	2,3775
14	Плотность газа однократного разгазирования (по воздуху)		0.5770
15	Усадка нефти	%	0,85
16	Молекулярная масса		545,0

Таблица 8

Месторождение Жыланкабак. Компонентный состав выделившегося газа, пластовой и разгазированной нефти

Компоненты	Выделившийся газ, % объем.	Разгазированная нефть, % % объем.	Глубинная нефть, % объем.
	скв. №62 2008г	скв. №62 2008г	скв. №62 2008г
Сероводород	отс.		
Углекислый газ	0,50	-	0,01
Азот	2,95	-	0,9
Метан	95,52	-	2,83
Этан	0,92	-	0,03
Пропан	0,08	-	0,002
Бутаны	0,03	-	0,001
Пентаны	-	-	-
Гексаны	-	-	-
Нонан	-	-	-
Декан	-	0,09	0,08
Ундекан	-	0,12	0,06
Додекан	-	0,15	0,08
Тридекан	-	0,20	0,10
Тетрадекан	-	0,21	0,11
Остаток	-	99,23	94,76
Всего	100	100	100
Относительная плотность газа (по воздуху)	0,577	-	-
Молекулярная масса	-	545	-

Взаимодействие анилина с азотной кислотой можно представить в виде следующей формулы 1:



Где при отношении 1:3 возгорается до температуры, превышающей 1000 К.

Расчет к.п.д. для ТТН. Различают калориметрическую и теоретическую температуры сгорания топлива. Калориметрической температурой сгорания называется температура, до которой нагрелись бы газы при полном сгорании топлива, если бы вся теплота, выделенная в топке, пошла на нагрев газов. Калориметрическая температура сгорания при теоретически необходимом количестве воздуха и без подогрева компонентов сгорания называется жаропроизводительностью топлива. Калориметрическая температура сгорания определяется по формуле 2:

$$t_k = \frac{Q_H^P + i_{\text{возд}} + i_T}{V_T \cdot c_T}, K \quad (2)$$

Где:

$i_{\text{возд}} = \alpha_T \cdot V^\circ \cdot c_{\text{возд}}^{6l} \cdot t_{\text{возд}}$  - энтальпия воздуха, кДжм<sup>3</sup>/(ед.топл.);

$i_T = t_T \cdot c_T$  - энтальпия топлива, кДж/(ед.топл.);

$t_{\text{возд}}$ ,  $t_T$  - температуры воздуха и топлива, К.

Жаропроизводительность топлива определяется по формуле 3:

$$t_{\text{ж}} = \frac{Q_H^P}{V_T^0 \cdot c_T}, K \dots\dots\dots (3)$$

Где:

$V_T^0$  - теоретическое количество продуктов сгорания при  $\alpha_T=1,120$

Данный расчет производится для сгорания активированного угля, а не для дизельного топлива. Так как активированный уголь является основным продуктом горения.

$$i_T = (25 + 273,15)K \cdot 1 \cdot 10^3 \text{ Дж} / \text{кг} \cdot K = 298150 \text{ Дж} / (\text{ед.топл.}) = 298,15 \text{ кДж} / (\text{ед.топл.})$$

Из расчета 114 тонн дополнительно добытой нефти (по результатам эксперимента на скважине №115) и веса угля в 24 кг, расход на каждую дополнительно добытую тонну нефти составляет 62,77 тыс. кДж.

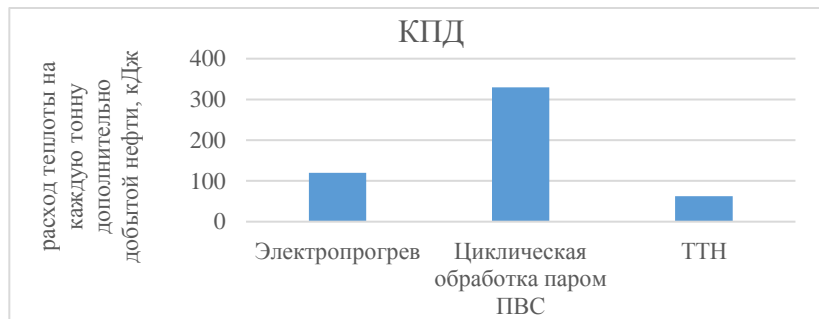


Рис. 6. Расход топлива, сравнение трех тепловых методов

**Выводы:**

1. Из-за высоких потерь теплоты в стволе скважины КПД циклических обработок паром призабойную зону скважины примерно в три раза ниже, чем, например, при электроподогреве.

2. Применение твёрдотопливного генератора приближает КПД к 70 – 80%, что является более выгодным тепловым методом увеличения нефтеотдачи, так как расход теплоты на каждую тонну дополнительной добытой нефти минимальный (рис.6).

---

#### **Литература**

1. Шагеев А.Ф., Маргулис Б.Я., Шагеев М.А., Лукьянов О.В., Пагуба А.И., Назымов С.И., Анализ методов теплового воздействия на приобойную зону скважин на месторождениях Жыланкабак и Жолдыбай., «Экспозиция» №6, 2008г



## ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ТАШКЕНТСКОМ РЕГИОНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНСС ИЗМЕРЕНИЙ

Махмудов М.Д.<sup>1</sup>, Фазилова Д.Ш.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский университет информационных технологий имени Аль-Хоразми

<sup>2</sup>Астрономический институт Академии наук Узбекистана

<sup>3</sup>Ташкентский государственный технический университет

Регион Ташкента, расположенный в Узбекистане, является развитым промышленным сектором, охватывающим такие отрасли, как угледобыча, строительство, электроэнергетика. Важными предприятиями региона являются угольный разрез "Ангрен", карьер "Джигиристан", угольные разрезы "Наугарзан" и "Апартак", а также Алмалыкский горно-металлургический комбинат, играющий ключевую роль в производстве цветных металлов. Индустриальный центр - город Алмалык, стратегически расположенный в 50 км к юго-востоку от столицы Ташкента. Находящийся в зоне значительной тектонической активности, регион сталкивается с вызовами, усугубленными высокими уровнями воды в территории. Следует отметить, что Ташкентская область входит в число двух регионов страны с высоким уровнем сейсмической активности, что подтверждается картой пикового ускорения грунта до  $4,8 \text{ м/с}^2$  [1]. Более того, значительная часть Ташкентской области испытывает высокую компрессионную деформацию, указывающую на отрицательную дилатацию. Детальные исследования, сосредоточенные на смещениях вдоль систем разломов, подтвердили преобладание основной оси максимального сжатия практически вдоль широты внутри региона [2, 3]. Ранние исследования, проведенные на Ташкентском геодинамическом полигоне, расположенном на севере региона, выявили техногенный фактор как значительный влияющий на поверхностные нарушения, в частности, на изменения уровня воды Чарвакского водохранилища [4]. Эти результаты подчеркивают важность мониторинга и эффективного управления деформационными процессами в регионе для снижения рисков, связанных с сейсмическими событиями и потенциальными опасностями. Применение космических геодезических методов, в частности, использование постоянных станций Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), играет ключевую роль в мониторинге и анализе деформаций поверхности Земли. Эти станции позволяют вычислить скорости станций, предоставляя ценные сведения о деформационных процессах и сейсмической активности области. Целью данного исследования является оценка движений земной коры в Ташкентской области на основе ГНСС измерений с 2018 по 2020 год.

Для анализа были выбраны измерения сети ГНСС, включающей 14 пунктов: ALMA, ANGR, BAUD, BUKD, CHIR, DUST, GAZA, GULD, KELE, MAGK, MTAL, SAYX, TASH и TOYT. Рассмотренный период включает 6 измерительных кампаний, продолжительность каждого цикла составила примерно 30 дней. Станции оборудованы антеннами геодезического типа и приемниками Leica/Trimble, угол возвышения  $10^\circ$ , интервал записи измерений 30 секунд. Обработка данных для вычисления координат и скоростей исследуемых станций проводилась с помощью программы GAMIT/GLOBK версии 10.7 [5]. Этапы обработки описаны в работе [6]. Ежедневные фазовые измерения были использованы для оценки координат станций, зенитных задержек атмосферы на каждой станции, параметров орбит спутников и ориентации Земли. Для анализа были использованы высокоточные орбиты спутников Международной службы ГНСС (IGS), а также для анализа выбраны стандартные модели гравитационного поля IERS-1992, модель негравитационных ускорений спутников, модель Саастамойнена для оценки сухой и влажной частей атмосферных задержек, модель глобального давления и температуры GPT2 для коррекции зенитной задержки и модель океанической приливной нагрузки FES2004 согласно рекомендациям [7]. Для вычисления координат станций, отнесенных на эпоху ITRF2014, их обработка с использованием фильтра Кальмана проводилась в программном пакете GLOBK [8]. Для станций сети диапазон ошибок станций составил от 4 мм до 12.4 мм. Относительно «стабильной» Евразийской тектонической плиты были вычислены значения локальных смещений области, которые

могут быть как следствием движения микроблоков, так и влиянием техногенных факторов (горнодобывающие работы в районе пунктов Ангрена и Алмалык).

На рис. 1 представлены результаты обработки данных и значения локальных скоростей в Ташкентской области. Видно, что деформации в регионе обладают зональными особенностями, обусловленными действием тектонических разломов. Амплитуда подвижек варьирует в пределах от 1.82мм/год до 6.04 мм/год. Средняя скорость станций за период с 2018 по 2020 год составляет около 4 мм/год. Особенно высокие значения скоростей наблюдаются в юго-западной части рассматриваемой территории, в районах вокруг Ангрена и Алмалыка. Эти области считаются наиболее подверженными деформациям из-за активной горнодобывающей деятельности, что способствует повышенной сейсмической активности.

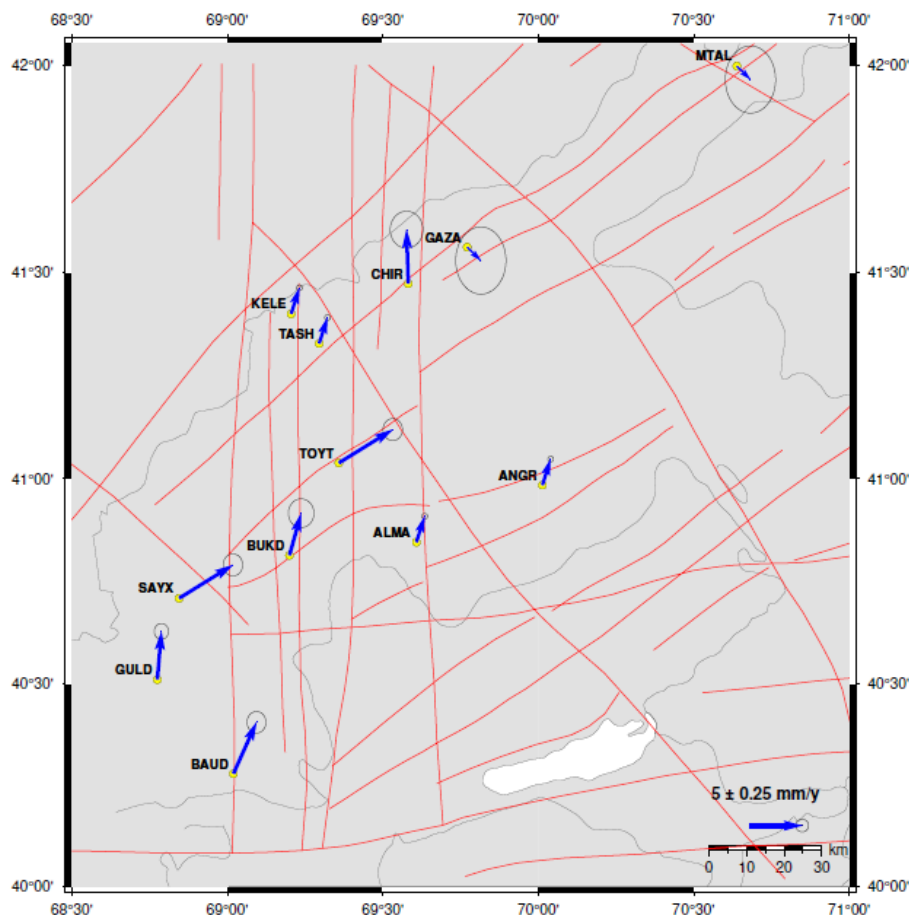


Рис. 1. Скорости GPS пунктов Ташкентского региона за 2018-2020 гг.

Полученные из этого исследования результаты предоставляют возможность анализа воздействия техногенных факторов, которые оказывают влияние на деформации земной поверхности в результате горнодобывающей деятельности в данной области. Эти деформации, в свою очередь, связаны с высокой степенью сейсмической активности региона. Выводы нашего исследования подчеркивают значимость тектонических факторов в формировании деформаций в регионе. Результаты помогут более точно понимать геодинамические процессы и принимать меры для устойчивого развития данной области.

#### Литература

1. Giardini D., Gruenthal G., Shedlock K.M., Zhang P. 74 - The GSHAP Global Seismic Hazard Map // International Geophysics. -2003. -81. -P.1233-1239. doi:10.1016/S0074-6142(03)80188-2.
2. Fazilova D., Sichugova L. Deformation analysis based on GNSS measurements in Tashkent region // E3S Web Conf. -2021. -227. -P.04002. doi:10.1051/e3sconf/202122704002.

3. Rebetzky Yu. L., Ibragimova T. L., Ibragimov R. S., Mirzaev M. A. Stress state of Uzbekistan's seismoactive areas // *Voprosy Inzhenernoi Seismologii (Problems of Engineering Seismology)*. -2020. Vol.47. No.3. -P.28–52. <https://doi.org/10.21455/VIS2020.3-2>.
4. Sichugova L., Fazilova D. The lineaments as one of the precursors of earthquake: a case study of Tashkent geodynamical polygon in Uzbekistan // *Geodesy and Geodynamics*. -2021. Vol. 12. No. 6. -P.383-388. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2021.08.002>.
5. Herring T.A., King R.W., Floyd M., McClusky S.C. Introduction to GAMIT/GLOBK. Release 10.7. Technical report. Massachusetts Institute of Technology. 2018 [Электронный ресурс]. / -Режим доступа: URL: [http://geoweb.mit.edu/gg/Intro\\_GG.pdf](http://geoweb.mit.edu/gg/Intro_GG.pdf) (дата обращения: 12.01.2022).
6. Эргешов И.М., Махмудов М.Д., Фазилова Д.Ш. Обработка данных GPS в GAMIT/GLOBK: на примере постоянных станций сети Узбекистана // *Universum: технические науки* - № 10(79). Часть 1. М., Изд. «МЦНО», 2020. – с. 50-55. DOI: 10.32743/UniTech.2020.79.10-1
7. IERS Conventions 2010 (IERS Technical Note 36) / ed. by G. Petit, B. Luzum. Frankfurt am Main: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie. 2010. 179 p.
8. Herring, T.A., R.W. King, R.W., McClusky, S.C. Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program, GLOBK Reference Manual, Release 10.5. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA 2010b. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http://chandler.mit.edu/~simon/gtgk/GLOBK\\_Ref.pdf](http://chandler.mit.edu/~simon/gtgk/GLOBK_Ref.pdf) (дата обращения: 15.09.20).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КАРТОГРАФИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Стрельчень Е.В.*

*Государственное предприятие «Белгеодезия» (г. Минск, Республика Беларусь)*

Тема развития и использования технологий искусственного интеллекта в производственных и бизнес-процессах в настоящее время является одной из самых обсуждаемых и перспективных в современном мире, которая, однако, открывает не только новые горизонты для развития, но и формирует новые вызовы.

Использование искусственного интеллекта в картографическом производстве создает широкие возможности для создания более точных и детализированных карт. Одной из ключевых областей, где искусственный интеллект находит свое применение в картографии, является обработка и анализ данных, в том числе и данных ДЗЗ. Используя методы машинного обучения и глубокого обучения, современные алгоритмы могут автоматически распознавать и классифицировать объекты на снимках, выявлять закономерности пространственного распределения данных, облегчать принятие соответствующих решений. Это позволяет значительно ускорить процесс создания и обновления картографической продукции, а также повысить точность и надежность создаваемых данных, сократить ресурсоемкость и повысить эффективность производственных процессов.

Благодаря развитию технологий машинного (в т.ч. глубокого) обучения стали возможны проекты, на реализацию которых классическими способами потребовались бы годы или десятки лет.

Одним из таких вызовов для нашего предприятия стал проект по созданию картографической основы для государственных навигационных карт (далее – ГНК).

Справочно: государственная навигационная карта – создаваемая и обновляемая за счет республиканского и местных бюджетов, в том числе государственных целевых бюджетных фондов, государственных внебюджетных фондов, карта, содержащая цифровую картографическую основу, навигационную и дополнительную информации.

Для обновления и создания картографической основы в базовом наполнении (строения, гидрография, растительность), наиболее привлекательным решением является использование технологии машинного обучения для автоматического распознавания контуров объектов по данным аэрофотосъемки.

В результате изучения рынка программных продуктов и технологий, имеющихся возможностей производства по доработке отдельных продуктов и стека используемых технологий, выбор остановился на программном продукте ESRI ArcGIS Pro.

Преимуществами платформы ESRI ArcGIS Pro для нас стали:

- наличие инструментария для обучения моделей – позволяет специалистам участвовать в создании модели машинного обучения, влиять на ее качество;
- возможность использования обученных моделей в среде ArcGIS Enterprise (Image Server) – позволит масштабировать применение созданной технологии для различных задач;
- возможность локальной работы – упрощает разработку технологии при работе с категоризованными / не категоризованными данными, нет привязки к компьютерным сетям;
- отсутствие ограничений по площади/количеству использований – с учетом масштаба картографического производства это актуальная тема, т.к. большинство аналогичных коммерческих сервисов тарифицируются по площади обработки/времени использования;
- возможность дообучения/переобучение моделей – возможность самостоятельно дообучать/переобучать создание модели под конкретные производственные задачи.

Общая технологическая схема использования алгоритмов машинного обучения для распознавания объектов выглядит следующим образом (рис. 1)

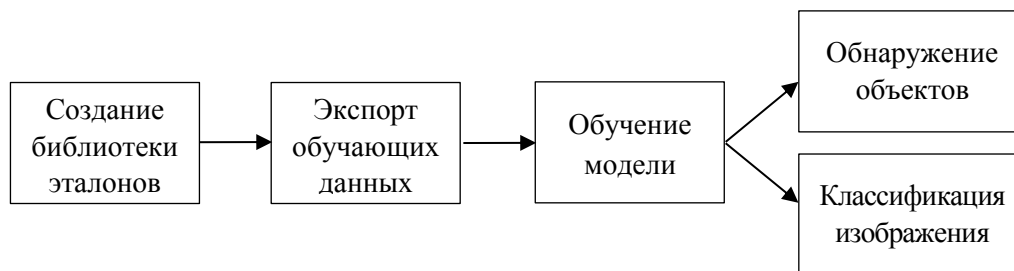


Рис.1. Технологическая схема

На первом этапе создается библиотека эталонных объектов, которая в дальнейшем послужит исходными данными для обучения нейросетевой модели. Для создания и обучения качественных моделей глубокого обучения требуется большой объём данных с точными контурами.

Для модели по обнаружению строений всего было собрано 120 332 объекта эталонных объектов частного сектора, а для многоэтажных построек - 34 156. Общая площадь эталонов гидрографии составила около 650 км<sup>2</sup>. Работы по формированию эталонных объектов проводились специалистами предприятия в ГИС «Панорама» на основе материалов аэрофотосъемки.

На втором этапе в программном продукте ArcGIS Pro используется инструмент «Export Training Data For Deep Learning (Image Analyst)», который преобразовывает маркированные векторные и растровые данные в учебные наборы данных глубокого обучения с использованием данных дистанционного зондирования земли. Обучающие выборки для глубокого обучения формируются на основе небольших фрагментов изображений, содержащих объект или класс интереса, который называется *cheap*.

На третьем этапе используется инструмент «Train Deep Learning Model (Image Analyst)». С помощью этого инструмента, обучается модель глубокого обучения с использованием обучающих данных, созданных на предыдущем этапе. При создании модели подбираются необходимые параметры, которые влияют на качество обучения и последующей работы модели при идентификации объектов.

Обучение модели самый затратный по времени процесс, плюс этот процесс носит экспериментальный характер (в части подбора наиболее оптимальных параметров обучения).

В результате выполнения работ были созданы:

- модель для обнаружения строений частного сектора – всего создано 21 экспериментальных моделей, время на обучение финальной версии составило 12 дней 7 часов;
- модель для обнаружения многоэтажных строений – всего создано 11 экспериментальных моделей, время на обучение финальной версии составило 24 дня 16 часов;
- модель для обнаружения объектов гидрографии – всего создано 16 экспериментальных моделей, время на обучение финальной версии составило 11 дней 14 часов.

На последнем этапе с помощью инструмента геообработки «Detect Objects Using Deep Learning (Image Analyst)» запускаем обученную модель глубокого обучения для построения класса с найденными пространственными объектами. Входной растр может быть растром, несколькими растрами или классом пространственных объектов с прикрепленными изображениями.

Для объектов гидрографии используется инструмент «Classify Pixels Using Deep Learning (Image Analyst)». Этот инструмент запускает обученную модель глубокого обучения для входных растров, чтобы получить классифицированный растр.

В ходе выполнения работ были получены следующие результаты (работы продолжаются):

Точность определения строений частного сектора с использованием обученной модели – 88%, многоэтажных построек – 25%, гидрографии – 40% (если не учитывать ошибочно определенные объекты).

Разработка набора моделей машинного обучения и технологии создания цифровой картографической основы ГНК по данным ДЗЗ с их использованием показала свою пригодность для интеграции в производство и позволит создать условия для:

- сокращения временных, трудовых и материальных затрат по созданию и обновлению ГНК за счет частичной автоматизации производственных процессов;
- повышения оперативности обновления ГНК по результатам мониторинга ее состояния на основе новых данных ДЗЗ;
- расширения круга пользователей ГНК за счет более полного покрытия территорий населенных пунктов картографической основой;
- разработки и внедрения технологии автоматизированного картографирования при выполнении других картографических работ государственного и специального назначения;
- обеспечения потребителей всех уровней, в том числе органов государственного управления, полной и актуальной картографической информацией.

Еще одним направлением для автоматизации картографического производства с использованием технологии искусственного интеллекта является разработка приложения для автоматизации нанесения дорожных знаков на ГНК.

В ходе выполнения работ по созданию ГНК проводятся полевые обследования местности по сбору навигационной информации. Обследования производятся с использованием видеорегистратора и GPS-трекера. В последующем данная информация обрабатывается и данные с видеофайлов переносятся на карту для формирования дорожного графа. Именно задачу по обработке видеоматериалов и предлагается автоматизировать.

В процессе разработки приложения можно выделяются шесть групп задач, выполнение которых является обязательным для достижения максимальной точности и эффективности работы приложения:

- 1) детектирование дорожных знаков;
- 2) классификация дорожных знаков;
- 3) фильтрация дорожных знаков;
- 4) вычисление координат дорожных знаков;
- 5) нанесение дорожных знаков на карту;
- 6) разработка интерфейса приложения.

Для разработки приложения используется следующий стек технологий:

- 1) Язык программирования: python;
- 2) Библиотеки python для разработки нейронных сетей: tensorflow, keras, skimage, cv2, YOLOv4;
- 3) Библиотеки python для нанесения дорожных знаков на карту: numpy, json, geojson, rpyproj, math;
- 4) Библиотеки python для создания интерфейса и работы с файлами: threading, qtpy, sys, PyQt5;
- 5) Библиотеки для фильтрации дорожных знаков: PIL, seaborn, statistics;
- 6) Библиотека определение координат дорожных знаков: math.

Для детектирования дорожных знаков разработана нейронная сеть на архитектуре YOLOv4.

YOLO (You Only Look Once) – это одна из самых популярных технологий в области компьютерного зрения, которая позволяет осуществлять объектное обнаружение и классификацию в режиме реального времени. YOLO основывается на нейросетевой архитектуре, собранной на основе сверточных слоев, построенных с использованием глубокого обучения. Главной особенностью архитектуры YOLO является ее способность определять объекты в разных частях изображения, используя только одно прямое прохождение нейросети. Это значительно быстрее, чем другие методы, которые выделяют регионы изображения и анализируют их отдельно. YOLO использует вычислительный ресурс более эффективно благодаря пространственно-разделяемой свертке, которая разделяет изображение на сетку и определяет объекты в каждой ячейке.

В ходе выполнения работ собрана обучающая выборка из 61 000 фрагментов, содержащих изображения дорожных знаков и около 169 000 фрагментов без изображений знаков. Валидационный набор данных состоит из 2 300 изображений. Точность работы нейронной сети YOLOv4 после завершения обучения составляет 89%.

Также для классификации дорожных знаков спроектирована сверточная нейронная сеть, для обучения которой использовалась обучающая выборка, состоящая из более чем 400 000 фрагментов.

Для осуществления фильтрации распознанных дорожных знаков разработан отдельный алгоритм на основе инструментов статистического анализа, который в результате оценки соотношения пропорций дорожных знаков удаляет неверно распознанные объекты.

Вычисление координат дорожного знака осуществляется путем последовательного выполнения следующего алгоритма:

- 1) определение угла направления (угол между направлением движения автомобиля и направлением на дорожный знак относительно автомобиля);
- 2) Вычисление азимута направлением движения автомобиля;
- 3) Определение дирекционного угла (уточнение угла направления);
- 4) Вычисление смещения от местоположения автомобиля до знака;
- 5) Вычисление координат знака.

Нанесение дорожных знаков на карту происходит путем сохранения данных дорожных знаков в формате geojson и последующий импорт geojson-файла в программное обеспечение ГИС «Панорама». В частности атрибут type:LineString указывает на сохранение знака в качестве линейного объекта, что обуславливается необходимостью расположения знака под определённым углом к проезжей части.

Атрибут type хранит в себе строковое значение и отвечает за тип знака. Таким образом, с помощью этого атрибута линейные объекты конвертируются в векторные объекты дорожных знаков в ГИС «Панорама».

Для более удобной работы с приложением и демонстрацией его работы разработан пользовательский интерфейс со следующими функциями:

- определение обрабатываемых видеофайлов;
- определение обрабатываемого GPX-трека;
- сохранение обрабатываемых данных и состояния;
- открытие ранее сохраненных данных и состояния;
- пуск и пауза видео;
- отслеживание прогресса обработки.

Исходя из вышеизложенного можно сказать, что использование технологий искусственного интеллекта в картографическом производстве имеет широкие перспективы, содействует оптимизации и автоматизации процессов картографического производства, повышению точности и актуальности продукции, в т.ч. за счет сокращения времени обработки исходных данных, а также созданию новых видов продукции и сервисов. Искусственный интеллект является мощным инструментом, но его внедрение на сегодняшний день находится лишь на начальной стадии.

## **МЕТОДЫ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИИ И СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ МАРШРУТОВ И ВЕРТИПОРТОВ БАС**

*Мицевич Л.А., Прус Е.В., Забагонский С.А.*

*Топографо-геодезическое республиканское унитарное предприятие «Белгеодезия» ( г. Минск, Республика Беларусь)*

### **Введение**

В настоящее время проблемы быстро развивающегося рынка малой авиации, дистанционно пилотируемых и беспилотных авиационных систем (далее - БАС), использования их как транспорта и обеспечения безопасности на земле и в воздухе при взлете, посадке, движении и в местах стоянок требуют комплексных решений и взаимодействия со многими структурами государственного управления. Необходимо одновременно учитывать географические, административные, социальные и экологические факторы, связанные с полетами БАС в условиях повышенной аэромобильности в условиях городской среды.

Нормативные документы международной организации гражданской авиации (ИКАО) [1], и технические разработки федеральных и международных авиационных правил [2-4] регулируют множество требований для обеспечения безопасности полетов аэродромов, вертодромов и вертипортов для взлета и посадки БАС. С учетом этих требований в топографо-геодезическом государственном предприятии «Белгеодезия» (Республика Беларусь) разрабатываются технологии наземного обеспечения безопасности полетов воздушных судов на основе продукции высокоточных спутниковых геодезических данных и данных с различных сенсоров дистанционного зондирования Земли [5-8].

Для решения задач устойчивого развития малой авиации, как актуального и перспективного направления социально-экономического развития предлагаются следующие методические разработки, подготовленные к опытной эксплуатации на основе парка БАС предприятия:

- 1) Повышение точности определения пространственного положения БАС в полете;
- 2) Трехмерное картографирование траекторий движений и стоянок БАС (вертипортов).

предлагается использование высокоточных геодезических определений координат на земле и в воздухе в режиме реального времени, методов геопроостранственного моделирования окружающей среды для дистанционного мониторинга препятствий. Фотограмметрические модели местности могут служить в качестве основы для высокоточного трехмерного картографирования траекторий движения, вертипортов, определения препятствий по ограничительным поверхностям для воздушных судов с вертикальным взлетом и посадкой [1].

Для всех цифровых продуктов приняты единые международные системы отсчета координат и высот (ITRS (WGS-84), EGM 96 (2008)) в соответствии с циркулярами ИКАО, а также технологии получения и обработки геодезических и фотограмметрических данных, учитывающих большие объемы информации и алгоритмы машинной обработки.

### **Задача 1. Повышение точности определения пространственного положения БАС в полете с использованием сети наземных спутниковых геодезических приемников**

Одной из главнейших задач в пилотируемой и беспилотной авиации является наличие точной информации о местоположении воздушного судна в воздушном пространстве, при осуществлении взлета и посадки, в процессе движения и маневрирования.

В пилотируемой авиации этот вопрос контролируется человеком, который находится на борту и может повлиять на характеристики полета по ситуации или информации, которую он получил от диспетчера. В беспилотной авиации это задача



оператора, который получает информацию с приборов БАС. Чаще всего в гражданской авиации при производстве работ специального назначения применяют БАС с предустановленным спутниковым геодезическим приемником на борту. Такой модуль позволяет получить автономное решение расположения борта в пространстве с невысокой точностью (10 и более м).

Для повышения точности определения расположения в пространстве можно применить технологию Real Time Kinematic (RTK). Для получения поправок для фиксированного решения необходимо использовать сигналы одновременно на двух спутниковым геодезических приёмниках. Координаты одного из приёмников, выступающего в качестве базового, должны быть точно определены. Например, он может быть установлен на пункте государственной геодезической сети [9]. Геодезический приемник передает набор данных по каналу связи (радиомодем, GSM -модем, интернет и пр.). Такой набор данных называют поправками.

Поправки, полученные станцией, и спутниковый сигнал обрабатывается специализированным программным обеспечением в соответствии с программными алгоритмами и накопленной статистикой спутниковых эфемерид. После этого на второй бортовой геодезический приемник передается дифференциальная поправка базовой станции, уточняющая спутниковый сигнал.

Такие готовые решения существуют на мировом рынке, когда БАС оборудован спутниковым геодезическим приемником для использования в качестве базовой станции. Однако такая комплектация не всегда является удобной для рядового пользователя. Когда необходимо быть мобильным, использование громоздкого оборудования для определения опорной координаты от базовой станции не представляется возможным.

Для таких ситуаций гораздо удобнее использовать сети постоянно действующих пунктов страны. Государственное предприятие «Белгеодезия» является национальным оператором сети постоянно действующих пунктов спутниковой системы точного позиционирования Республики Беларусь (ПДП ССТП РБ) [10]. На практике доказано – эксплуатация ПДП ССТП РБ значительно экономит время и материальные ресурсы на производство инженерных работ.

Однако стоит отметить вопрос каналов связи и процессы передачи информации. Сегодня в конструкцию большинства БАС, реализуемых для инженерных работ, встроен только спутниковый геодезический приемник. Поправки от ПДП ССТП РБ поступают через GSM-модем, который установлен в пульт, и передаются через радиосвязь на борт БАС. Конечно, такая конструкция позволяет минимизировать размеры и вес борта, но увеличивает риски. Под рисками подразумевается вероятность потери связи из-за наличия радиопомех в мелких и крупных городах, а также большого количества препятствий. Следовательно, растет вероятность небезопасных полетов в городской черте. Для уменьшения рисков при решении промышленных задач достаточно часто возникает необходимость проходить один и тот же маршрут дважды и более.

Для повышения точности определения пространственных координат беспилотных воздушных судов предлагается перенять опыт технологического обеспечения наземных и надводных беспилотных аппаратов. В конструкции таких аппаратов GNSS-приемник и GSM-модем встроены, маршрут и задание на них передается по 4G сети, технологии Wi-Fi, сетевым мостам 5G и кабельным интерфейсам. Таким образом, появляется возможность передачи и получения информации с исключением одного из каналов связи, а также исключить риск потери соединения. Оптимальным соединением на данный момент в Республике Беларусь является 4G соединение.

За счет такой схемы передачи информации борт БАС автономно получает поправки от сети ПДП, а оператор, ответственный за маршрут, также соединяется с воздушным судном по сети интернет. Одновременно с этим, БАС более точно позиционирует себя в воздушном пространстве и сокращает буферную зону (коридор), выделенную для осуществления маршрута.

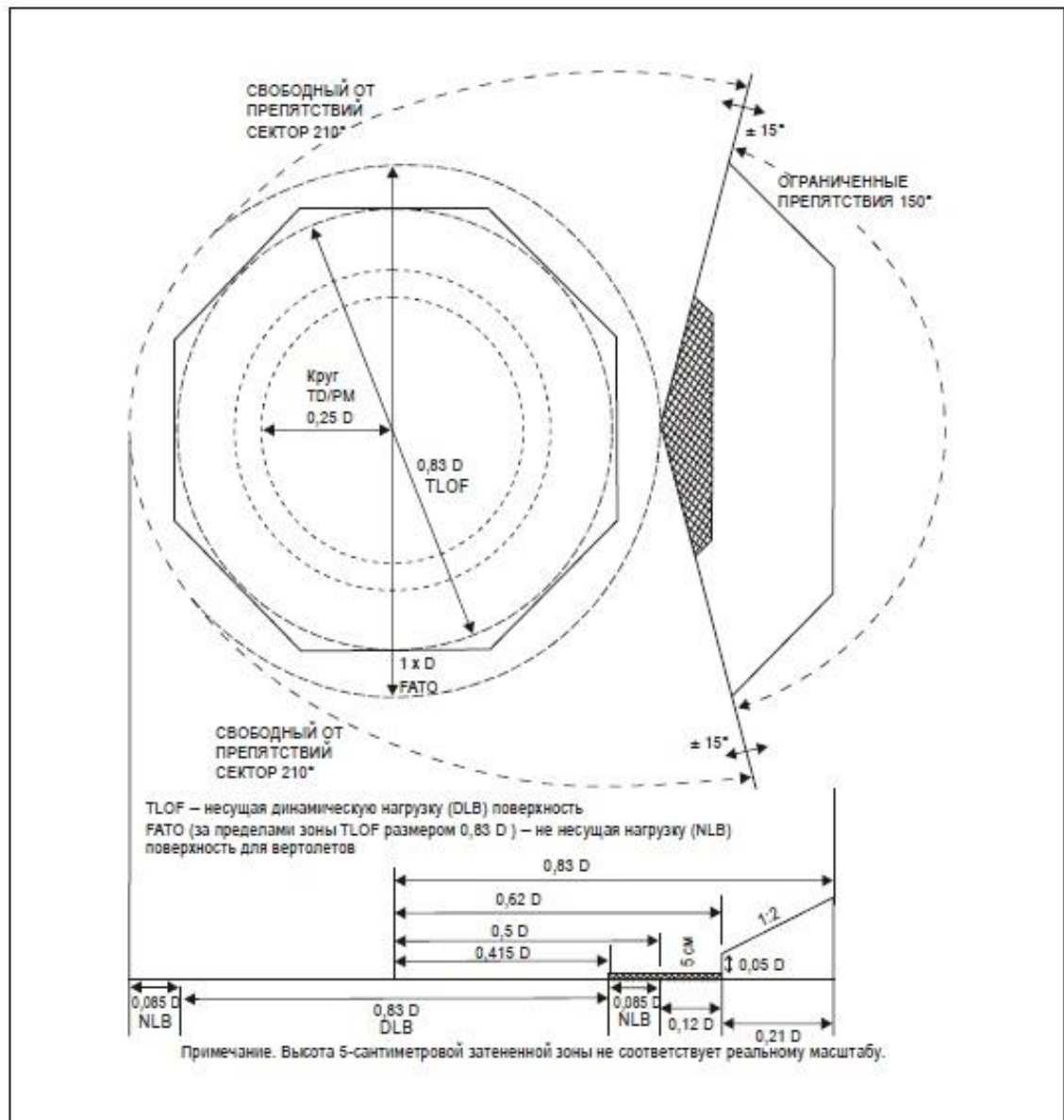


Рис. 1. Пример расчета ограничительных поверхностей для воздушного судна с вертикальным взлетом и посадкой [3]

При заданном эшелоне для БАС до 1000 футов (305 м) увеличение точности соблюдения маршрута с 30 футов (10 м) до 1.5 футов (0,4 м) открывает большие возможности для реализации на практике различных производственных и гражданских задач: мониторинг сооружений электро-сетей и коммуникации, геодезические и картографические работы, надзор за эксплуатацией зданий, доставка малогабаритных грузов и аэротакси.

### **Задача 2. Геопространственное моделирование траекторий движений воздушных судов с вертикальным взлетом и посадкой и вертипортов**

Целью разработки является трехмерное моделирование и картографирование маршрутов и стоянок воздушных судов с вертикальным взлетом и посадкой (вертипортов) в трехмерной модели местности, построенной по данным дистанционного зондирования сверхвысокого разрешения (3-50 см).

Проект карты представляет собой 3D модель осевых линий маршрутов, буферных зон, поверхностей ограничения высотных препятствий и мест стоянок БАС, интегрированных в трехмерную метрическую модель местности (населенного пункта). При

заполнении возможных маршрутов по горизонтальным эшелонам, разделить вертикальные эшелоны движения с учетом перепадов высот городской застройки.

В качестве пространственной основы для построения 3D моделей маршрутов и стоянок БАС предлагается использовать стереофотограмметрические оптические снимки местности, снимки с радаров с синтезированной апертурой, облака точек лазерного сканирования или синтез цифровых продуктов различных пространственных данных.

Готовая карта основа может представлять собой подробную трехмерную векторную карту высокой точности, включающую все искусственные и естественные вертикальные объекты городской среды - здания, лесопарковую растительность, линии электропередач, линии движения электротранспорта и т.п.

Технически вокруг осевых линий маршрутов рассчитывается буферная зона безопасности до ближайших недвижимых и движимых объектов, производится разбивка подходящих по критериям безопасности, экономическим и экологическим параметрам маршрутов по эшелонам в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Согласно карте маршрутов автопилот БАС может следовать заданной осевой линии в центре буферной зоны безопасности и придерживаться точного курса в режиме RTK, используя бортовой спутниковый геодезический приемник, получающий сигналы с ССТП (см.задачу.1).

Для каждого типа воздушного судна малой и беспилотной авиации с предполагается рассчитать ограничительные поверхности, соответствующие размеру и условиям городской среды. В стереоскопическую модель, построенную по данным космической или аэросъемки можно встраивать векторную модель ограничительной поверхности вертипорта с точностью до 0.5 м по трем пространственным координатам. Таким образом можно выбирать подходящие места для стоянок и мест взлета и посадки методом подбора и выноса в натуру. При возможности регулировать координаты движения БАС в воздухе до 1 м, размеры буферных зон и вертипортов можно уменьшить до минимальных, обеспечивающих безопасность полетов и минимальный риск столкновений с другими БАС и неподвижными препятствиями

При выборе мест для строительства вертипортов необходимо также учесть множество иных, в том числе экономических и социальных факторов:

- обеспечение безопасности для населения и имущества (минимизация падений БАС или грузов);

- запретные зоны для полетов;

- зависимость траекторий движения от привязки к вертипортам;

- близость к местам получения и доставки грузов (посадки-высадки пассажиров) и

т.п.

В перспективе, используя предложенные стереофотограмметрические методы, предполагается разработка 4D приложений для управления и мониторинга движением БАС в стереоскопическом режиме [10] и реальном времени.

### **Заключение**

Подводя итог вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

Геодезические данные, полученные с наземного сектора бортовым оборудованием БАС с высокой точностью и частотой [10] позволяют получать устойчивую связь со спутниками, и мгновенными поправками к координатам при атмосферных, геомагнитных и геодинамических явлениях. В процессе пилотных испытаний для разных типов БАС можно определить буферные зоны безопасности и существенно уменьшить их размеры за счет повышения точности позиционирования.

Трехмерная геопространственная основа, полученная по космическим и аэроснимкам, данным воздушного и наземного лазерного сканирования, радарным геоданным и т.п. позволит осуществлять высокоточное картографирование и мониторинг траекторий полетов и воздушных судов малой авиации с вертикальным взлетом и посадкой, с использованием фотограмметрической модели осуществлять проектирование и выбор

оптимальных мест для строительства вертипортов с учетом существующего ландшафта и городской застройки [5-7].

Для внедрения предложенных методов и получения ощутимого экономического эффекта при повышении точности и достоверности геопространственной информации необходимо:

- усилить взаимодействие геодезических служб и служб управления гражданским воздушным движением;
- активно разрабатывать и внедрять методы геопространственного моделирования и геоаналитики в программы модернизации воздушной навигации, в том числе для БАС;
- осуществлять мониторинг подвижных и неподвижных препятствий аэродромов, вертодромов, вертипортов и маршрутов движения воздушных судов всех типов с использованием трехмерной геопространственной основы, созданной по данным дистанционного зондирования земли и технологий стереоскопического наблюдения и картографирования.

---

### Литература

1. Приложение 14 - Аэродромы - Том II – Вертодромы, 5-е издание, июль 2020 <https://store.icao.int/en/annex-14-aerodromes-volume-ii-heliports>
2. Vertiports in the Urban Environment, 2022 <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/vertiports-urban-environment>
3. Федеральные авиационные правила "Требования, предъявляемые к предназначенным для взлета, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов посадочным площадкам", Москва, 2022 <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56790683/>
4. Special Condition for small-category VTOL aircrafts, EASA, 2019 <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/SC-VTOL-01.pdf>
5. Mitsevich L. 3D aerodrome mapping database (AMDB) and 4D air traffic management (ATM) based on the stereo photogrammetric methods (GLOBAL SIMPOSIUM ON THE IMPLEMENTATION OF INNOVATION IN AVIATION, ICAO, Regional Panel on Digitization (EURNAT)), 2020 <https://www.icao.tv/global-symposium-on-the-implementation-of-innovation-in-aviation/season:1/videos/regional-panel-on-digitization-eurnat> (19:15-20:53) <https://youtu.be/6gubgEYLXbl>
6. Mitsevich L., Zhukovskaya N. 3D Modeling and GIS analysis for aerodrome forest obstacle monitoring // International Archive of Photogrammetry: Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2021. № XLIII(B2)2021. P. 753–757. doi:10.5194/isprs-archives-XLIII-B2-2021-753-2021. <https://youtu.be/MAd4kO1p4n8>
7. Mitsevich L., Zhukovskaya N. Photogrammetric methods of terrain and obstacle data collection and AMDB creation based on satellite and UAS imagery // Matec Web of Conferences. 2018. № 236. doi:10.1051/mateconf/201823601008.
8. Мицевич Л.А. Разработка технологии создания цифровой модели препятствий аэродромов по стереомоделям, построенным по данным аэрокосмической съемки // Известия вузов: Геодезия и аэрофотосъемка. 2021. Т.65. №3. С.264–273. doi:10.30533/0536-101X-2021-65-3-264-273. Ссылка на автореферат диссертации: [https://miigaik.ru/science/councils/congregation/22\\_05\\_26\\_mitsevich/%D0%9C%D0%98%D0%A6%D0%95%D0%92%D0%98%D0%A7%20%D0%9B%D0%90\\_%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%A0%D0%95%D0%A4%D0%95%D0%A0%D0%90%D0%A2\\_20220404\\_%D0%B2%D0%B5%D0%B4.%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.pdf](https://miigaik.ru/science/councils/congregation/22_05_26_mitsevich/%D0%9C%D0%98%D0%A6%D0%95%D0%92%D0%98%D0%A7%20%D0%9B%D0%90_%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%A0%D0%95%D0%A4%D0%95%D0%A0%D0%90%D0%A2_20220404_%D0%B2%D0%B5%D0%B4.%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.pdf)
9. Спутниковая сеть точного позиционирования ССТП Республики Беларусь <https://geo.by/en/services/sstp>
10. Пример стереоскопического оборудования в Российской Федерации для работы с геопространственной фотограмметрической моделью: <https://usgik.ru/stereomonitors>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ГНСС СТАНЦИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОДИНАМИКИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ

Загреддинов Р.В.<sup>1</sup>, Бахтияров В.Ф.<sup>2</sup>, Загреддинов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет

<sup>2</sup>ООО «НПК ГЕОПОЛИГОНЕ КФУ»

Постоянно действующие базовые ГНСС станции ФАГС и IGS являются основой для формирования координатно-временной инфраструктуры РФ. Однако их количество невелико учитывая огромные размеры нашей страны. Инициированный в 2021 году Росреестром проект Федеральной сети геодезических станций на сегодня объединил более 2000 станций различных государственных и коммерческих операторов.

В этой связи становится актуальной оценка качества получаемых в рамках проекта координат и скоростей пунктов в ГСК-2011. В Казанском университете уже с 2011 года ведутся регулярные работы по сбору и обработке измерений ГНСС станций в европейской части страны. Наша база ГНСС данных содержит измерения с более чем 1100 станций (рис. 1).

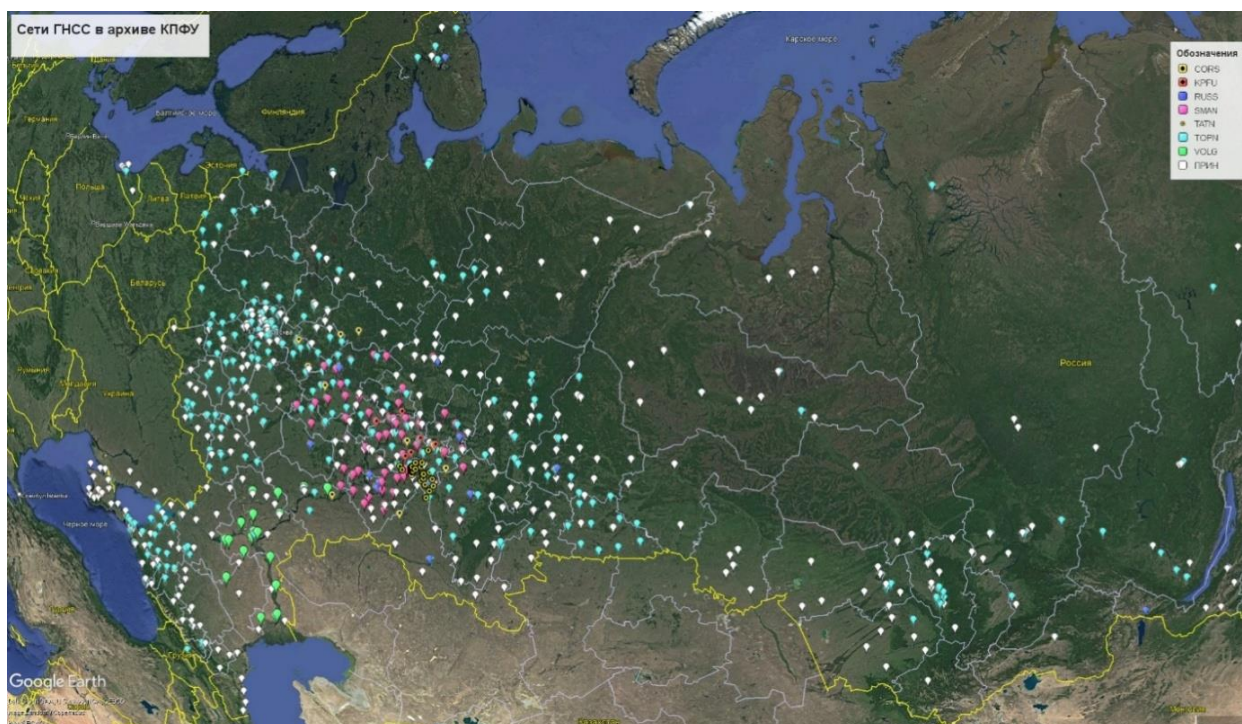


Рис. 1. Расположение и принадлежность к сетям обрабатываемых ГНСС станций

Для 874 станций вычислены их глобальные координаты и скорости движения. Обработка измерений проводится ПО BERNESE версии 5.2 преимущественно ежесуточно в онлайн режиме. Такие скорости могут быть использованы как для вычисления координат станций на требуемую эпоху, так и для изучения региональных и локальных движений земной поверхности. Наиболее длительные ряды измерений от 7 до 14 лет имеют станции сетей СВАГП (5 ст.), VOLG (15 ст.) и ПРИН (25 ст.) (рис. 2).

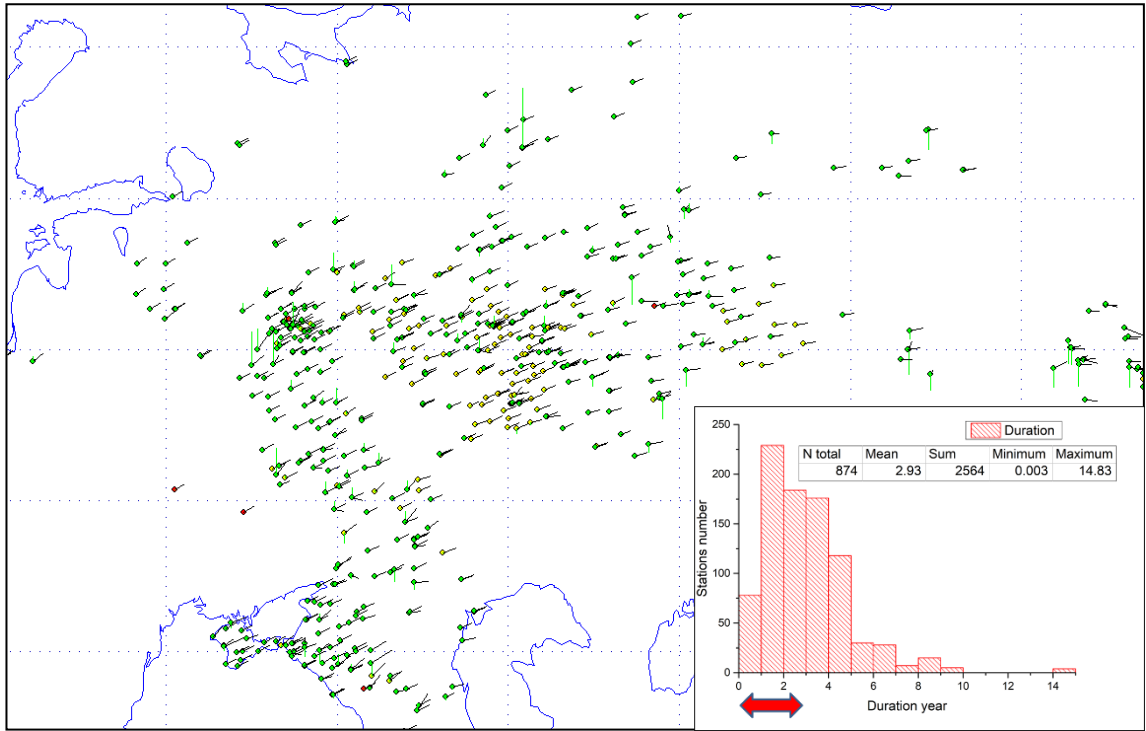


Рис. 2. Расположение обрабатываемых станций с векторами глобальных скоростей и статистикой их работы по длительности измерений

После учета смещений станций по модели NUVEL 1A нетрудно обнаружить станции с аномально большими остаточными скоростями (рис. 3). Что как правило связано не с реальными движениями и деформациями земной поверхности, а с малым количеством измерений на таких станциях не позволяющим надежно определить скорости движения пунктов.

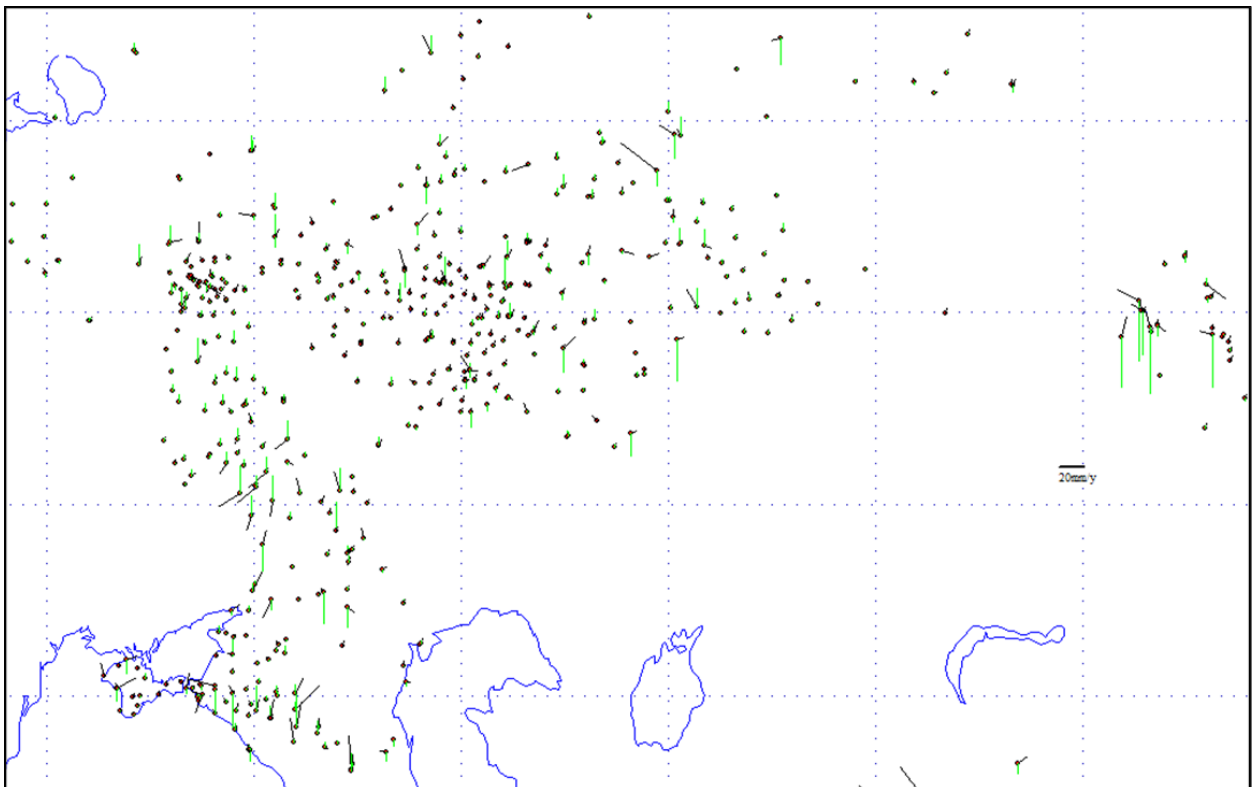


Рис. 3. Остаточные вектора скоростей обрабатываемых станций после вычета глобальных скоростей по модели NUVEL 1A

Статистические данные по точности определения координат и скоростей для 874 ГНСС станций приведены на рис. 4.

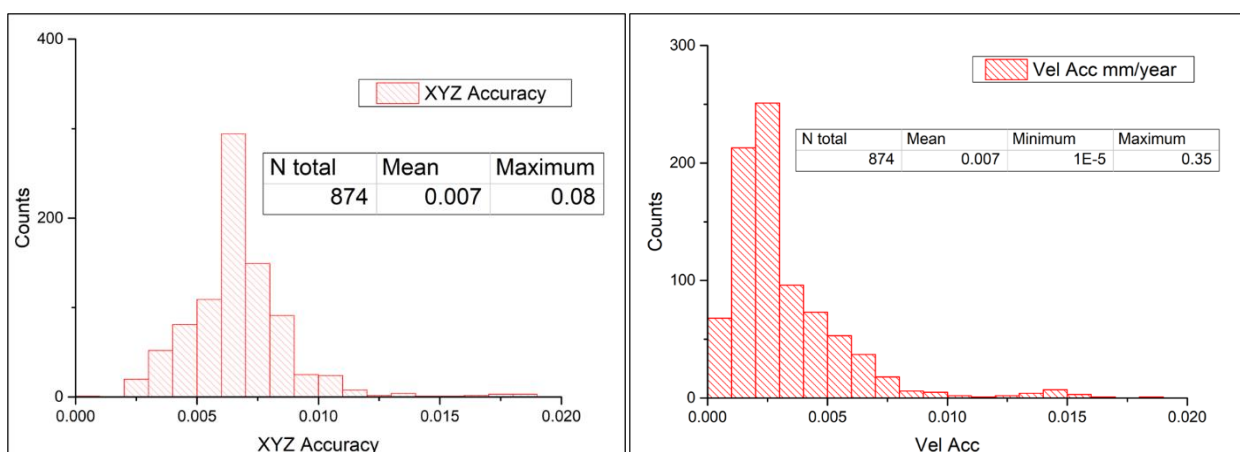


Рис. 4. Статистика по точности определения координат и скоростей станций.

395 ГНСС пунктов (около 45% обработанных станций) имеют достаточно длительные периоды измерений протяженностью более 3-х лет, для которых значения глобальных скоростей определяются достаточно надежно. На рис. 5 показано их расположение и статистика по точности определения компонент их глобальных скоростей.

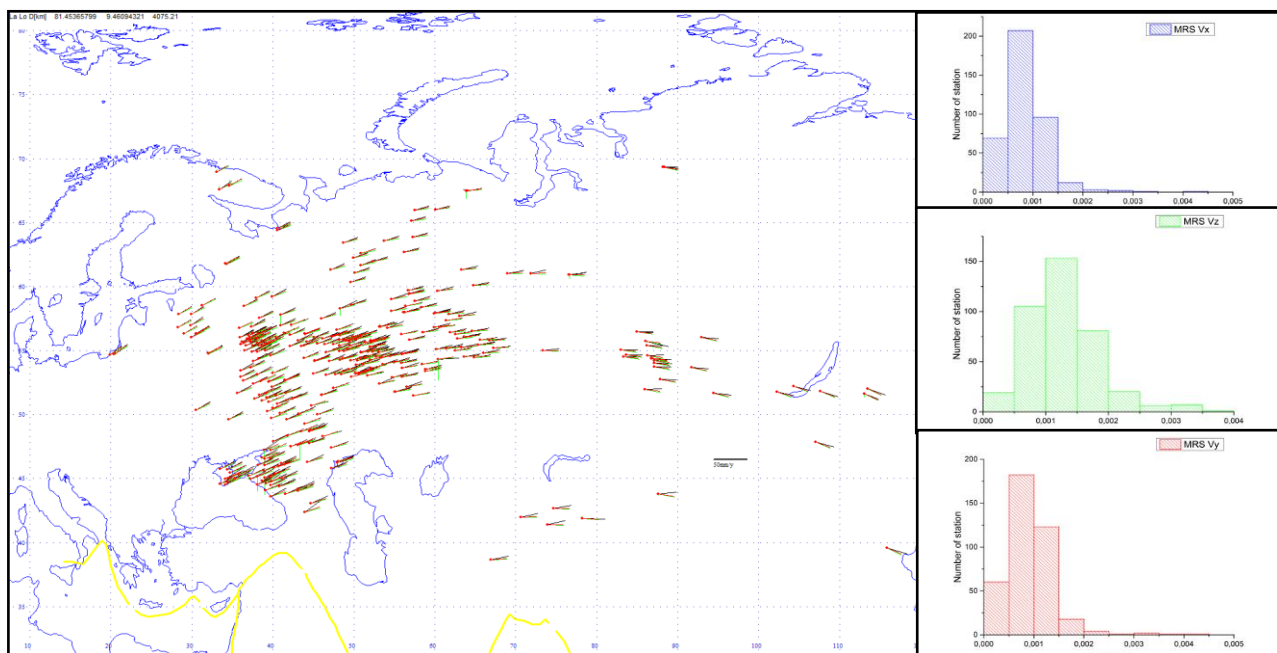


Рис. 5. Расположение и статистика для 395 ГНСС пунктов с длительной (более 3-х лет) историей измерений

Такие результаты могут быть использованы как для вычисления координат станций на требуемую эпоху, так и для изучения региональных и локальных движений земной поверхности. Пример обработки измерений с 2008 по 2023 годы для пункта ФАГС SAMR (СВАГП) представлен на рис. 6. Такой временной ряд позволяет достаточно точно и надежно определить составляющие, связанные с глобальным движением Евроазиатской литосферной плиты.

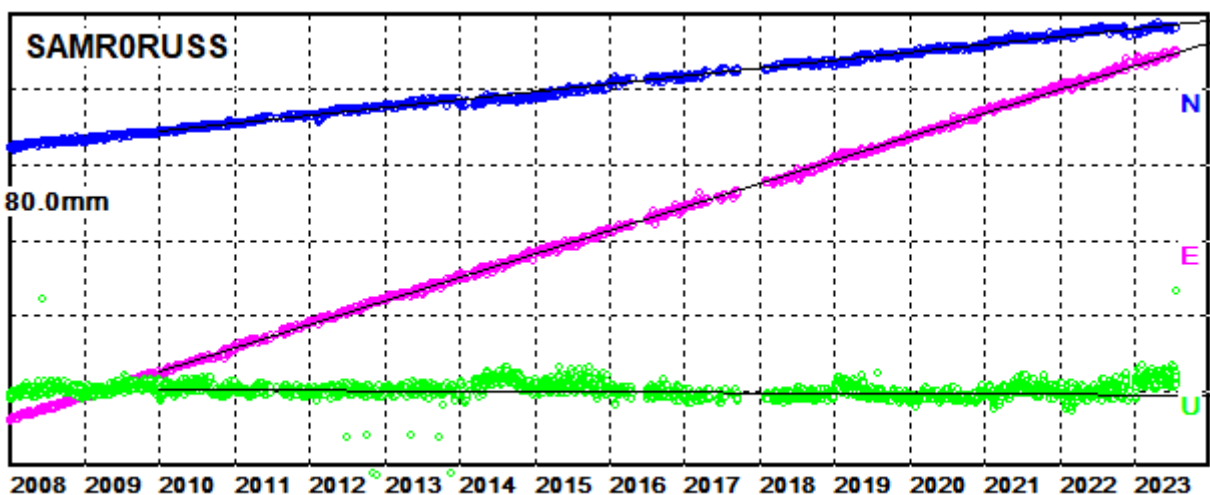


Рис. 6 Результаты обработки измерений с 2008 по 2023 годы для пункта ФАГС SAMR.

Аномальное поведение (значительные систематические оседания пунктов) демонстрируют два пункта в Краснодаре (рис.7а) и два пункта расположенные в местах добычи полезных ископаемых КОТЕ0VOLG – ГОК ЕвроХим-ВолгаКалий 27.1 мм/год и 74PL0TOPN – Светлинский карьер -34.7мм/год (рис. 7б).

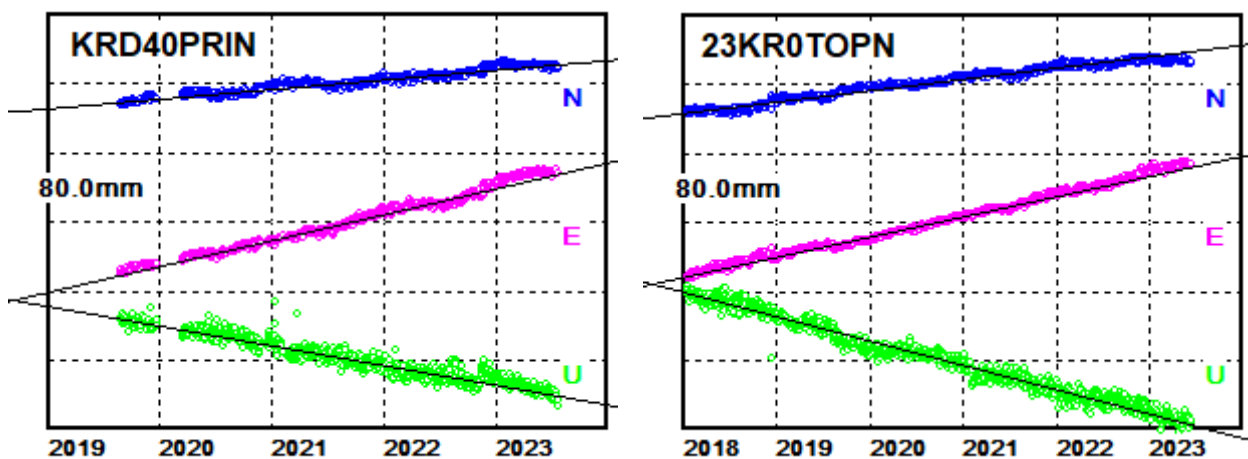


Рис. 7а. Аномальное проседание в Краснодаре порядка 30мм/год.

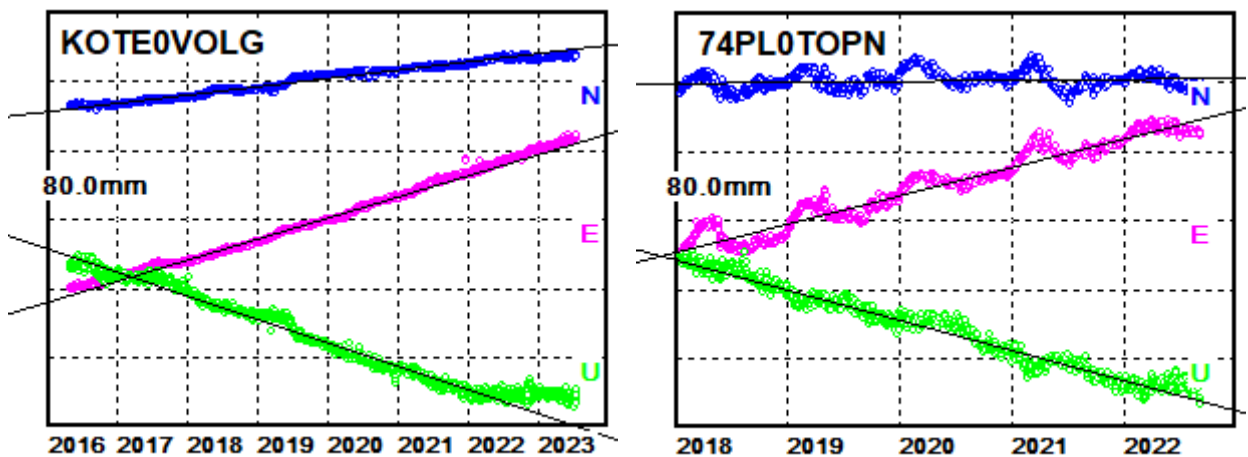


Рис. 7б. Аномальное проседание в местах добычи полезных ископаемых.



Для 22-х пунктов имеющих наиболее длительные ряды измерений было проведено сравнение полученных нами скоростей с модельными скоростями пунктов (рис. 8).

Для Европейской части РФ по скоростям, полученным для 395 станций установлено, что наилучшее согласие дает модель движения литосферных плит ITRF2000 (сервис UNAVCO) (рис. 9). Точность представления составляет не хуже 1 мм/год.

Для сравнения полученных нами ITRF скоростей со скоростями согласно моделям NUVEL 1A, MORVEL56 и GSRM v2.1 (UNAVCO Plate Motion Calculator) были выбраны 35 станций с длительными непрерывными измерениями и расположенных на Юго-востоке Республики Татарстан. Было установлено, что скорости станций согласно моделям NUVEL 1A, MORVEL56 хорошо согласуются с нашими результатами (рис. 10) и могут быть использованы для изучения локальных движений ГНСС станций в районах активной добычи нефти.

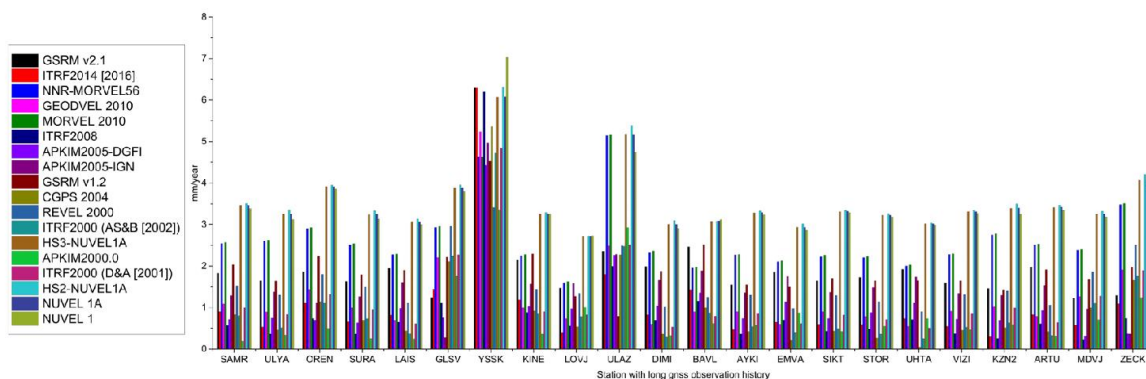


Рис. 8 Результаты сравнения полученных нами скоростей с модельными скоростями для 22-х пунктов, имеющих наиболее длительные

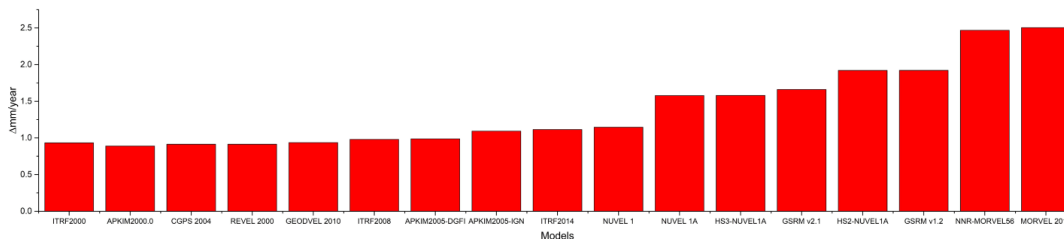


Рис. 9 Результаты сравнения различных моделей для 395 станций

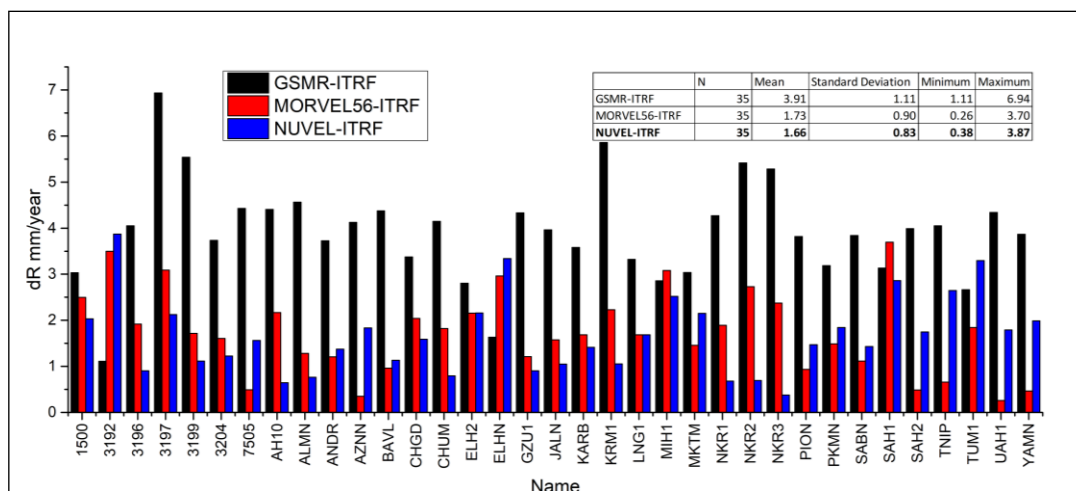


Рис. 10 Результаты сравнения различных моделей для 35 станций

На <ftp://178.213.241.23> представлены результаты работы нашего сервера. Здесь можно найти файлы используемых нами наблюдений **Rinex/YYYY/DOY**.

Имена файлов представлены в формате длинных имен в настоящее время принятых в IGS:

**SITE0XXXX\_R\_YYYYDOYHHMM\_LEN\_INT\_MO.crx.gz**, где:

**SITE** – имя пункта,

**XXXX** – расширение, например 0RUS – Российская IGS станция; TOPN – станция принадлежит сети TopNet.

**YYYYDOYHHMM** – начало файла.

**LEN** – размер файла, например 01D – один день.

**INT** – интервал наблюдений, например 30S – 30 секунд.

**MO** – обозначение Rinex файлов наблюдений.

**.crx.gz** – Hatanaka+gzip сжатие.

**TmSer** – оновляемые временные серии в виде декартовых координат в системе WGS-84.

**RUSSIA.apr** – вычисленные ITRF координаты станций.

**RF.7z** - Пакет визуализации результатов обработки, который можно использовать для анализа долговременного поведения ГНСС станций регионов и вычисления координат на требуемую эпоху, например 1.01.2011

Выражаем благодарность компаниям ООО «ГЕОСТРОЙ ИЗЫСКАНИЯ» (TopNETlive-Россия), АО ПРИН (PRINNET), ООО «ТЕКСАГОН ГЕОСИСТЕМС РУС» (SmartNet Russia) и др. за предоставленный доступ к архивам ГНСС измерений

---

#### **Литература**

Бахтияров В.Ф., Загретдинов Р.В. Сбор, хранение и обработка GNSS данных сервером кафедры астрономии и космической геодезии КФУ, II конференция «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем», КАЗАНЬ 2014

Комаров Р.В., Загретдинов Р.В., Бахтияров Е.А., Сапронов А.Е. Применение систем автоматизированного спутникового геодезического мониторинга на нефтяных месторождениях, Научно-практическая конференция "Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем", Казань, 2014

Бахтияров В.Ф., Загретдинов Р.В. Автоматическая обработка пакетами GAMIT и BERNESЕ стационарных ГНСС станций Среднего Поволжья, IV конференция «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем», КАЗАНЬ 2015

Загретдинов Р.В., Комаров Р.В., Бахтияров В.Ф. Координатно-временные аспекты создания спутниковых сетей специального назначения // Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем: Программа, тезисы и доклады VI международной научно-практической конференции. Казань, 2017. С. 162-166

Бахтияров В.Ф., Загретдинов Р.В. Об использовании глобальных систем координат в геодезии, VIII конференция «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем», КАЗАНЬ 2019

Бахтияров В. Ф., Загретдинов Р.В. О геодинатике постоянно действующих стационарных станций ГНСС на территории РФ // М.: Геопрофи – 2021. - № 1. - С. 34–37.

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ДАННЫЕ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ СТРАНЫ. ПРОБЛЕМЫ. РЕШЕНИЕ.

*Алябьев А.А., Струнина Е.А.*

*Урало-Сибирская Гео-Информационная Компания*

В наши дни для устойчивого развития Цифровой экономики России необходимы быстрые и качественные геопространственные данные в удобном для потребителя 3D-представлении. На это указывают положения государственной программы РФ «Национальная система пространственных данных», заместитель председателя Правительства РФ Марат Шакирзянович Хуснуллин в решениях фронтальной стратегии «Агрессивное развитие инфраструктуры» и другие постановления Правительства.

Трехмерные пространственные данные являются исходной базой в управлении земельно-имущественными отношениями, для градостроительной документации, в комплексном развитии, благоустройстве территорий, в мониторинге паводков и подтоплений, прогнозе чрезвычайных ситуаций, являются основой цифрового двойника города.

Согласно требованиям законодательства, пространственные данные должны отвечать следующим характеристикам: быть трехмерными, с точностью определения местоположения объектов местности 10-20 см в плане и 12-15 см по высоте, информативными, достоверными, простыми и удобными в использовании.

Анализ современной ситуации в обеспечении пространственными данными показал:

1. На текущий момент пространственные данные в РФ представлены в виде цифровых топографических планов, ортофотопланов, 3D меш-моделей и 3D векторных моделей.

2. Актуальными из них являются только 15%.

3. Экспериментальные исследования, выполненные Компанией, выявили следующую специфику видов пространственных данных:  
- основной недостаток цифровых топографических планов - сложно читаемые условные знаки отображения объектов территории, длительный и трудоемкий срок создания, высокая стоимость, а также несоответствие точности и информативности нормативным требованиям;

- ортофотопланы – нет объемного восприятия, несоответствие точности и информативности нормативным требованиям;

- 3D меш-модели - высокая стоимость аэрофотосъемки, потребность в специализированном дорогостоящем оборудовании и мощных вычислительных ресурсах для обработки, низкая геометрическая точность, в большинстве случаев отсутствие в таких моделях всех объектов инфраструктуры;

- 3D векторные модели - длительный и трудоемкий процесс создания, высокая квалификация специалистов, высокая стоимость. Как правило, такие модели в своем составе имеют только здания и строения, других объектов инфраструктуры нет.

С масштабным внедрением БПЛА и мощным развитием компьютерных технологий появилась возможность быстро получать реалистичную трехмерную цифровую копию территории – 3D-стереомодель, отвечающую всем современным требованиям. Технологическая схема особенностей создания пространственных данных, следующая (Рис.1):

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА СОЗДАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

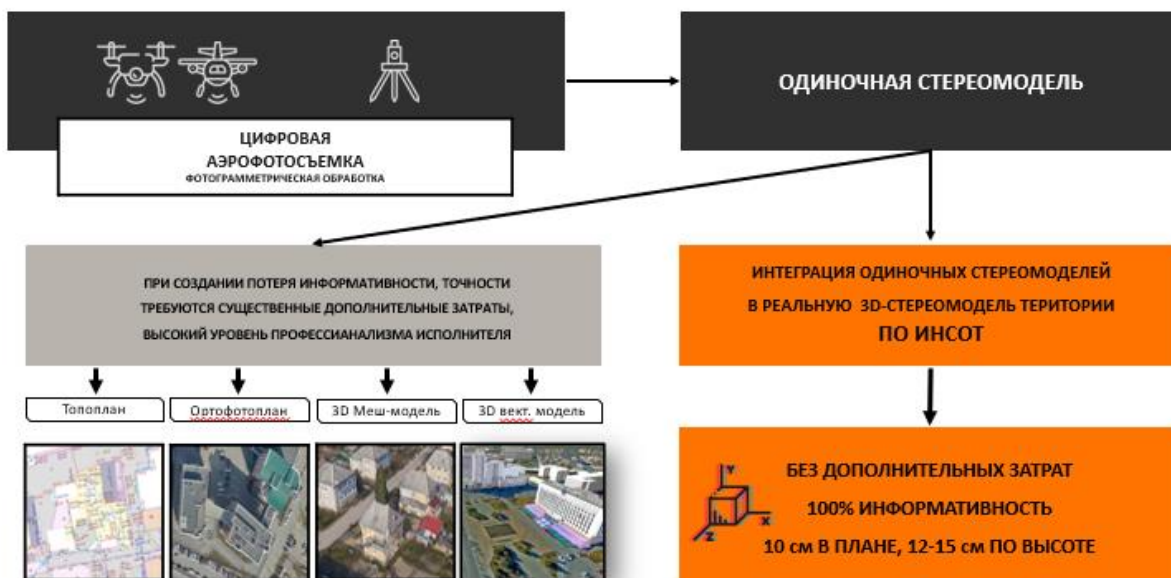


Рисунок 1. Технологическая схема создания пространственных данных.

На базе Урало-Сибирской Гео-Информационной Компании создана тиражируемая сквозная технология - аппаратно-программный технологический комплекс, далее АПТК, позволяющий дешево создавать пространственные данные и правильно их эксплуатировать. Для этого Компания разработала: ГОСТ Р 58854-2020, программное обеспечение ИНСОТ для создания 3D-стереомодели территории и взаимодействия с ней; информационную систему Георесурс для локального и/или облачного хранения пространственных данных и их доставки до потребителя; стереомонитор СМ1 для доступа и работы с 3D-стереомоделями, создана и внедрена программа обучения как для пользователей трехмерных пространственных данных, так и для оперативного мониторинга 3D-стереомodelей непосредственно потребителем. Важно отметить – все разработки сертифицированы и зарегистрированы на государственном уровне.

Данная технология уже работает в нескольких регионах нашей страны (Табл.1)

Таблица 1

Территория	Создана 3D-стереомодель, год	Количество поселений		Аэрофотосъемка	
		Всего	Разрешение, см	Носитель камеры	В том числе
Республика Башкортостан	2017 - 2023	1892	5см / 7см	БПЛА / АН-2	г. Уфа
Калининградская область	2019 - 2020	315	5см / 6см	БПЛА / АН-2	г. Калининград
Свердловская область	2017 – 2023	328	5см / 7см	БПЛА / АН-2	г. Екатеринбург
Удмуртская Республика	2019 - 2021	33	5см	БПЛА	г. Ижевск

В настоящее время заключено Соглашение с ГБУ «Фонд пространственных данных Республики Татарстан» на апробацию технологии АПТК.

## АНАЛИЗ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ.

Булатова Л.И., Назаров Р.Р.  
ООО «Эридан»

Мониторинг земной поверхности является необходимой процедурой, которая позволяет выявлять значительные или слабые, быстрые или продолжительные изменения в состоянии исследуемого участка. Метод спутниковой радарной интерферометрии эффективно применяется для реализации непрерывного мониторинга деформаций, которые являются результатом, например, добычи полезных ископаемых, застройки, а также природных явлений.

В данной работе описаны результаты, полученные методом радарной интерферометрии, для территории казанского кремля и города Тетюши в период с 2020 по 2022 гг. Выполнен анализ устойчивых отражателей, изучена динамика их смещений и выявлены участки деформаций.

Для территории казанского кремля за период 2020-2022 гг. было использовано 53 радарных изображения спутника Sentinel-1A. Снимки зимних месяцев не были задействованы. Метод устойчивых отражателей выявил 718 точек (устойчивых отражателей — УО) для данной территории. Вся физическая территория кремля имеет смещения в диапазоне от -4 мм до +4 мм, что говорит о стабильной земной поверхности. Исключением являются две зоны (в них выявлены устойчивые отражатели с отрицательным смещением больше 4 мм по модулю): Тайницкая башня и северная «подковная» часть Дворца раиса. За внешними стенами кремля устойчивые отражатели с отрицательным смещением больше 4 мм по модулю выявлены в северной части. Таким образом мы выделили три зоны интереса (рисунок 1): 1. Северная внешняя область казанского кремля; 2. Тайницкая башня; 3. Северная «подковная» часть Дворца раиса. Данные зоны характеризуются наличием устойчивых отражателей с отрицательным значением смещения по модулю больше 4 мм.

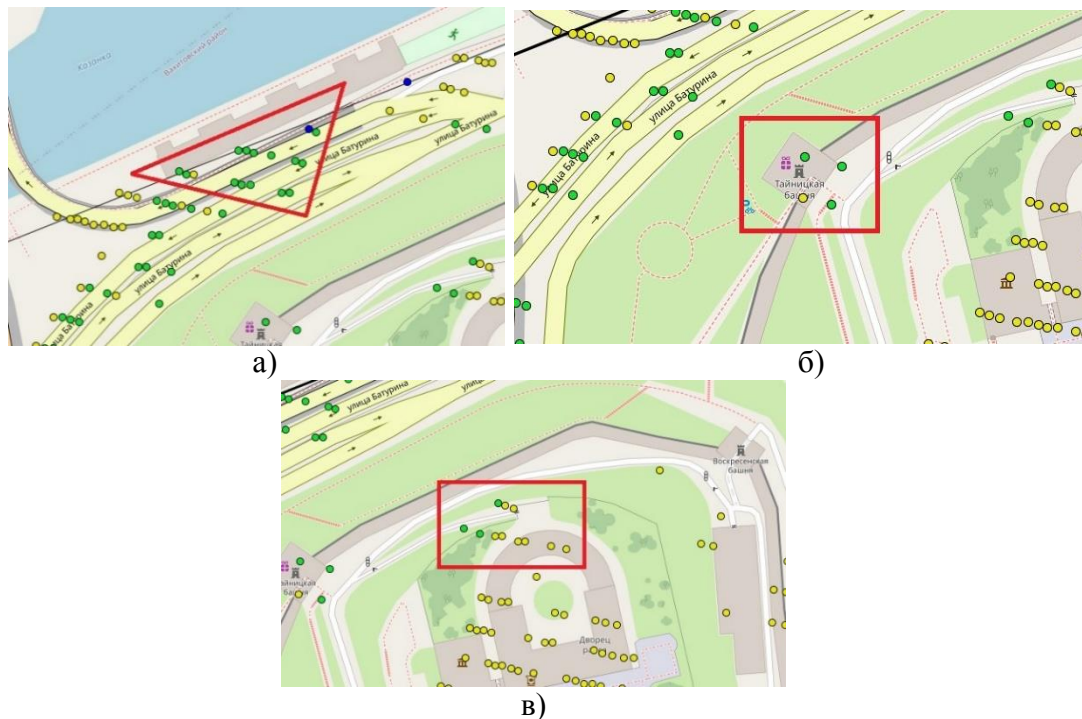


Рис.1 Зоны интереса для территории казанского кремля: а) северная часть участка исследования, б) Тайницкая башня казанского кремля, в) северная «подковная» часть Дворца раиса.

Основная цель анализа устойчивых отражателей — определение по характеру изменения смещения, какой устойчивый отражатель можно считать угловым отражателем.

Нами были выделено два критерия для определения углового отражателя:

1. УО, величина смещения которого находится в диапазоне от 0 до 4 мм по модулю, можно считать угловым, так как данный диапазон является точностью используемого метода для получения устойчивого отражателя.

2. Для УО, величина смещения которого находится вне диапазона от 0 до 4 мм, выявления углового отражателя выполняется на основе графика изменения величины смещения за исследуемый период. Для полученного графика проводится регрессионный анализ с построением линейной регрессионной модели, которая наиболее точно описывает анализируемые данные. Критерием выявления углового отражателя выступает коэффициент детерминации ( $r^2$ ) линейной модели. Чем ближе к 1 коэффициент  $r^2$ , тем лучше модель описывает распределение точек, следовательно, амплитуда изменения величины смещения устойчивого отражателя за исследуемый период невелика. Для исследуемых данных, если коэффициент  $r^2 \geq 0.9$ , то устойчивый отражатель можно считать угловым отражателем. Точки, определенные как угловые отражатели, имеют большую степень доверия и показывают достоверную картину состояния земной поверхности изучаемого участка.

По описанным выше критериям для 1 зоны было выявлено девять угловых отражателей (рисунок 2, а). Характер изменения величины смещения у всех угловых отражателей имеет отрицательный тренд (рисунок 2, б). Данная область подвержена отрицательным деформациям со средней скоростью 3 мм/год. Вторая и третья зоны являются участками со стабильной земной поверхностью. Величина смещения угловых отражателей, выявленных для 2-го и 3-го участков, не превышает 4 мм по модулю, можно говорить, что данные области не подвержены значительным деформациям.

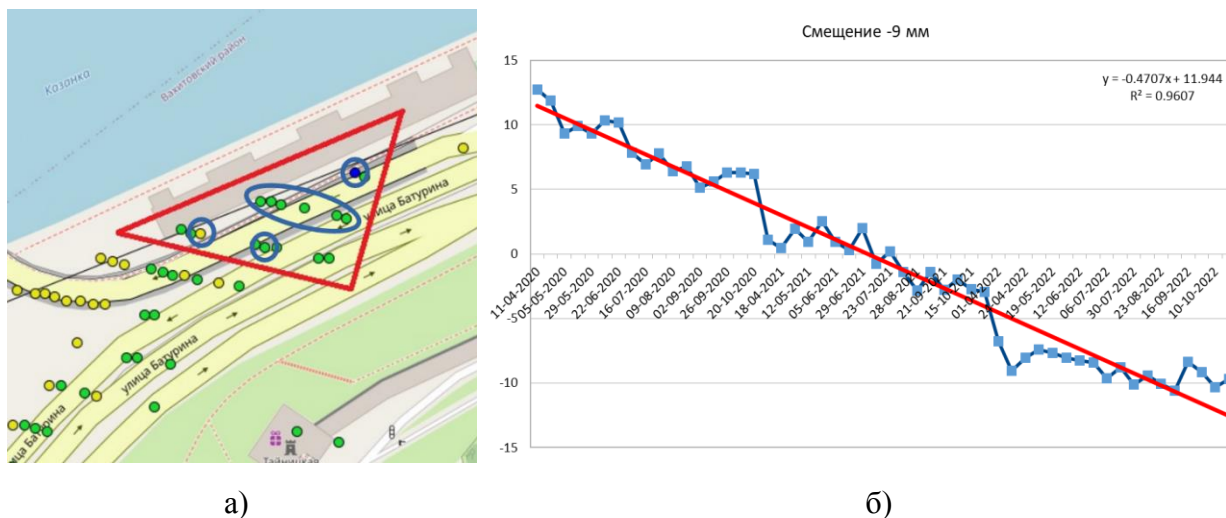


Рис.2. а) Устойчивые отражатели, выделенные синим цветом, определены как угловые для 1 зоны интереса; б) Пример графика изменения величины смещения устойчивого отражателя (определен как угловый) за исследуемый период

Для территории города Тетюши за период 2020-2022 гг. было использовано 53 радарных изображения спутника Sentinel-1A. Снимки зимних месяцев не были задействованы. Зоной интереса для данного участка является береговая линия. Цель исследования — оценить состояние береговой линии на предмет деформационных явлений. Метод устойчивых отражателей выявил 4032 точки для участка береговой линии (рис. 3).



Рис.3 Устойчивые отражатели, полученные для участка береговой линии города Тетюши, за 2020-2022 гг.

Береговая линия участка характеризуется стабильной земной поверхностью. По полученным результатам величина смещения для 3991 устойчивого отражателя находится по модулю в диапазоне от 0 до 4 мм. Устойчивые отражатели сконцентрированы на застроенной территории участка. Динамика смещений устойчивых отражателей для участка береговой линии не выявила области со значительными деформациями (рис. 4). Можно говорить о стабильности застроенной территории, которая расположена вблизи берега.

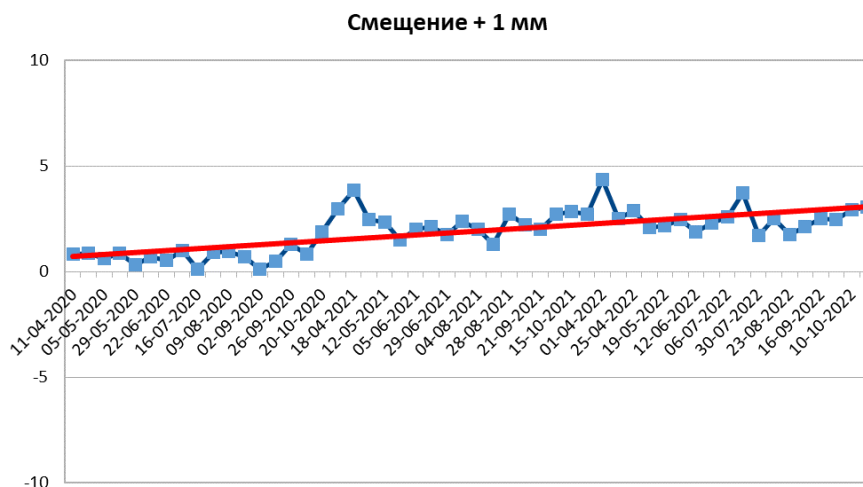


Рис.4 Пример графика изменения величины смещения устойчивого отражателя за исследуемый период для данного участка

В данной работе был проведен мониторинг земной поверхности за 2020-2022 гг. на застроенной территории методом радарной интерферометрии. Были выбраны две территории исследования: казанский кремль и город Тетюши. На основе полученных результатов выполнялся анализ смещения устойчивых отражателей. Динамика величины смещений устойчивых отражателей позволила выявить участок со значительной отрицательной деформацией (величина смещения за исследуемый период составила - 9 мм) в северной внешней области казанского кремля (рисунок 2 а). На территории города Тетюши динамика величины смещений показала стабильную земную поверхность для береговой застройки, а также для всего города.



## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДОМ МУЛЬТИКАМЕРНОЙ АЭРОФОТОСЪЁМКИ.

Назаров Р.Р., Нефедов В.В.  
ООО «Эридан»

В последнее время, создание 3D моделей городов становится одним из условий для эффективного решения задач при проектировании городских пространств. К этому же подталкивает повсеместный переход от традиционного 2D проектирования к 3D проектированию, что требуют методов оперативного создания 3D моделей городских территории.

На сегодняшний день существуют 2 основных метода создания 3D моделей застроенных территорий в значительных масштабах. Это воздушное лазерное сканирование, так называемая лидарная съемка, и цифровая аэрофотосъемка (АФС). Обычно для решения большинства задач эти методы совмещают, то есть выполняется цифровая аэрофотосъемка и воздушное лазерное сканирование одновременно, что значительно увеличивает стоимость работ. Возможности современной цифровой аэрофотосъемки, особенно технологий и алгоритмов обработки материалов цифровой аэрофотосъемки, вызывают вопрос о необходимости воздушного лазерного сканирования при создании 3D модели застроенных территорий. В данном докладе рассматривается технология многокамерной цифровой аэрофотосъемки застроенной территории для построения 3D модели территории как альтернатива использованию лидарной съемки.

При выполнении традиционной цифровой аэрофотосъемки застроенных территорий, особенно при наличии высоких строений возникает проблема так называемых, закрытых или теневых участков. Когда из-за особенности строений и их высоты нет возможности получить материалы, которые позволяют построить другую (теневую) сторону фасада здания и даже целой улицы на застроенной территории, рисунок 1а.

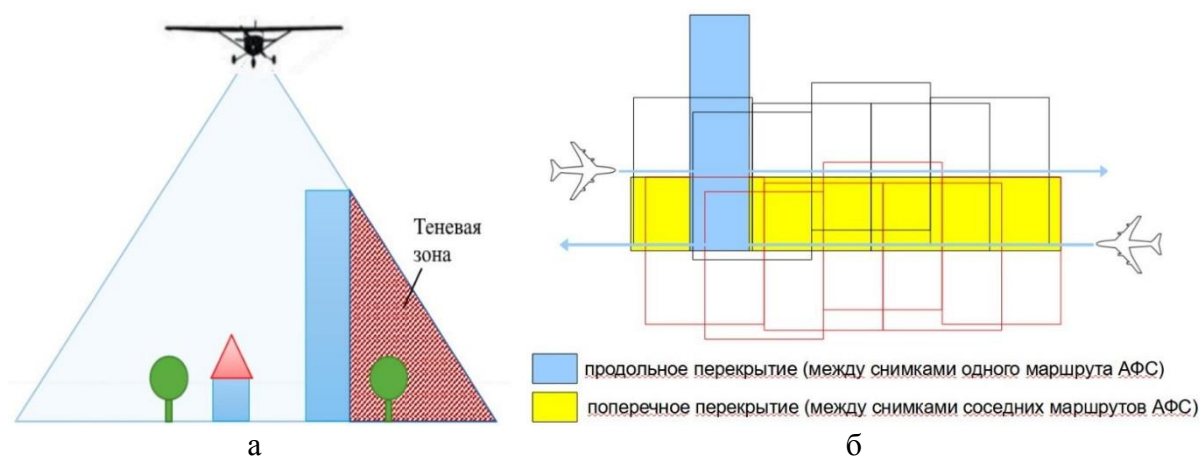


Рис. 1. Теневая зона (а) и перекрытия АФС (б).

Особенно это важно при построении 3D модели территории. Частично, эту проблему можно решить, увеличивая поперечное перекрытие аэрофотосъемки до 80%, рисунок 1б, что в случае больших, по площади, городских образований значительно увеличивает временные рамки работ и их стоимость. Более оптимальный способ, выполнять работы с использованием так называемой наклонной или перспективной аэрофотосъемки. Выполнение наклонной (перспективной) съемки с использованием единственной камеры, естественно увеличивает время выполнения работ и, соответственно затраты на такую аэрофотосъемку. Поэтому большинство исследователей склоняются к так называемым многокамерным. системам для выполнения такой съемки. В подобных системах, кроме

традиционной камеры, которая направлена строго в наadir, присутствует 2, 3 или 4 наклонных камеры, которые осуществляют перспективную съемку во взаимно противоположных направлениях. Примерный вид подобной системы представлен на рисунке 2а и 2б.

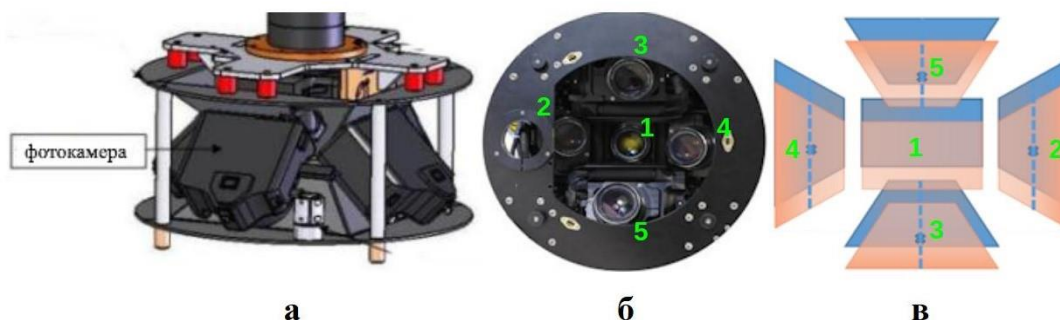


Рис. 2. Вид мультикамерной системы (а.б), схема перекрытий (в).

В этом случае схема перекрытий изображений при выполнении аэрофотосъемки выглядит следующим образом, рисунок 2в.

Таким образом, в представленном докладе рассматриваются вопросы выполнения подобной цифровой аэрофотосъемки, особенности обработки полученных данных на примере выполненной работы на застроенном объекте. В качестве объекта работ выбрана застроенная часть территории г. Иннополис площадью около 3 кв. км, на рисунке 3 представлен фрагмент полученной 3D модели. Прототип мультикамерной (5 камер) системы был создан на базе полнокадровых камер Canon 5DS, с размером матрицы 50 мегапикселей.



Рис. 3. Фрагмент полученной 3D модели.

Кроме того, в представленном докладе освещаются вопросы выбора пространственного разрешения материалов аэрофотосъемки с учетом перспективных ракурсов, условий освещенности. Эти факторы существенно влияют на качество создаваемых моделей. Особое внимание уделяется анализу методов представления полученной 3D модели для эффективного использования с учетом существенных размеров получаемых данных. По результатам выполненных работ сделан вывод об эффективности метода мультикамерной аэрофотосъемки для моделирования городских пространств.

## МОНИТОРИНГ ПОЛИГОНА «КАРБОН-ПОВОЛЖЬЕ» ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*Гафуров А.М., Усманов Б.М., Хомяков П.В.*

*Казанский федеральный университет, институт экологии и природопользования*

Республика Татарстан является одним из регионов, где осуществляется реализация пилотного проекта по созданию на территории регионов России карбоновых полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса (<https://carbon-polygons.ru>). Этот проект должен стать одним из ключевых элементов разработки надежной национальной системы мониторинга потоков парниковых газов в экосистемах России.

Одной из задач при мониторинге карбоновых полигонов является оценка наземной биомассы (Above-ground biomass – AGB), поскольку биомасса растительности играет решающую роль в понимании вклада экосистемы в глобальный углеродный цикл.

Для оперативной оценки биомассы используются полевые методы измерения, основанные, преимущественно, на двух подходах - наземные измерения и съемка с пилотируемых и беспилотных летательных систем [1]. В число первых входят непосредственно замеры эталонных образцов и экстраполяция полученных результатов [2], так называемые классические методы, а также современные геодезические методы – методы наземной фотограмметрии, наземного лазерного сканирования [3]. Методы фотограмметрии, в свою очередь, используются как в современном виде с получением облаков точек и построением трехмерных моделей объектов исследования, так и в классическом виде с анализом изображения, вписыванием в кадр примитивов и оценкой объема древесной биомассы по эмпирическим формулам с учетом диаметра ствола, породного состава и высоты деревьев. Подобный подход реализован, например, в программном обеспечении Katam [4].

Для оценки биомассы древесных сообществ с большей производительностью используются беспилотные летательные аппараты, оснащенные различной полезной нагрузкой. Наиболее распространена аэрофотосъемка с БПЛА, позволяющая получать цифровые модели местности с ортофотопланом территории. В дальнейшем ортофотоплан может использоваться для контролируемой или неконтролируемой классификации типов растительности, а ЦММ используется для оценки наземной биомассы [4, 6]. Более продвинутый вариант подобной съемки - использование в качестве полезной нагрузки мультиспектральной камеры, способной снимать одновременно в нескольких диапазонах спектра. На основе подобной съемки можно создавать как ортофотоплан территории в видимом диапазоне, так и производить расчет различных вегетационных индексов и метрик [7]. В последующем, они, совместно с моделями местности успешно используются для вероятностной оценки биомассы с учетом породного состава растительности, как древесного, так и лугового типов [8, 9].

Наиболее точных результатов по оценке объемов древесной биомассы можно добиться при использовании лидарной съемки с БПЛА [10]. В отличие от аэрофото съемки с БПЛА, лидарная съемка способна проникать сквозь листья и ветви растений для съемки рельефа местности. Фильтрация рельефа позволяет оценить объем и, как следствие, биомассу древесины выше поверхности [11]. Тем не менее, лидарная съемка с БПЛА имеет свои ограничения, связанные с низким разрешением облаков точек в нижней и средней частях стволов, поэтому, наилучших результатов при оценке биомассы можно добиться, совмещая мультиспектральную и лидарную съемку с БПЛА, а также НЛС [12, 13].

Формирование банка дистанционных данных проводится на двух участках полигона «Карбон-Поволжье» (рис. 1).

Участок 1 «Обсерватория» – расположен в Зеленодольском районе РТ, расположен в широколиственном лесу, испытывающем антропогенное давление средней интенсивности и имеющем длинную историю освоения.

Участок 2 «Саралы» – расположен в Лаишевском районе РТ, на территории Саралинского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника, – наблюдательный участок за экосистемами Куйбышевского водохранилища.

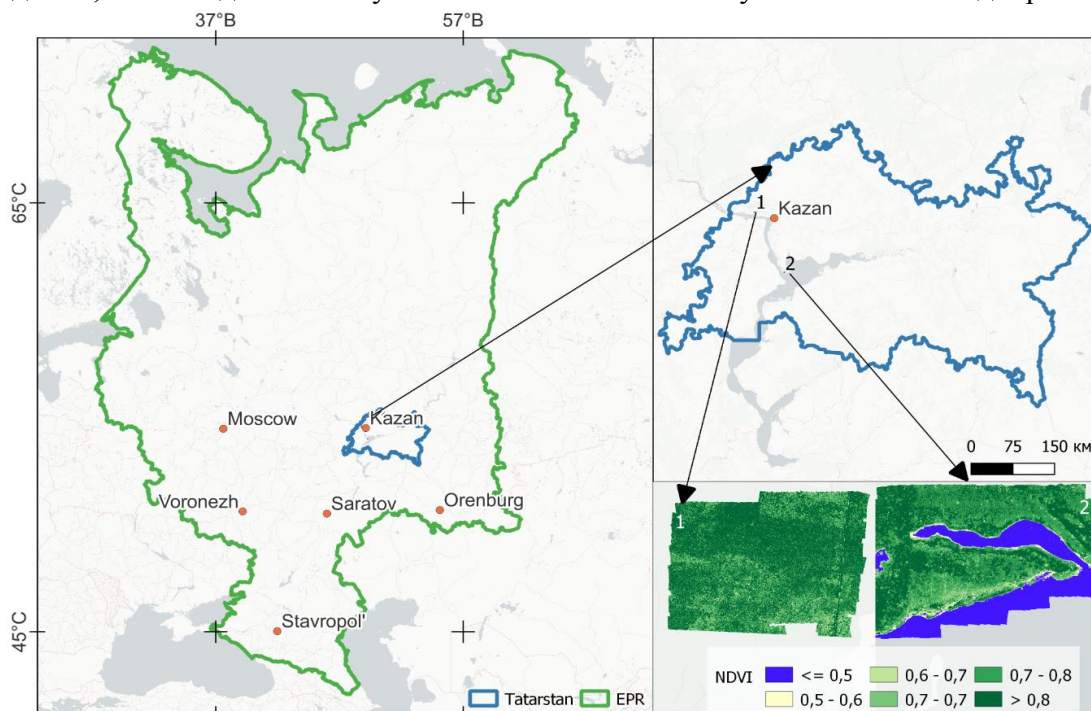


Рис. 1. Обзорная карта. Лесной (1) и водный (2) участки полигона «Карбон-Поволжье»

Для исследования участков полигона использовался БПЛА (квадрокоптер) Геоскан 401 Геодезия, (рис. 2 а) с возможностью оснащения мультиспектральной камерой Micasense RedEdge-MX (рис. 2 б) и лидаром АГМ МС-1. (рис. 2 в). Также на водном участке карбонового полигона проводились работы по измерению глубин. Для съемки была использована ПВХ-лодка Флагман и эхолот-картплоттер Garmin GPS Map 178С.



Рис. 2. Оборудование, используемое для мониторинга полигона «Карбон-Поволжье»

### Лесной участок

С помощью камеры Micasense RedEdge-MX, установленной на БПЛА проводится мультиспектральная съемка в 5 каналах, которая позволяет расчет различных вегетационных индексов, которые активно используются при оценке биомассы и запасов углерода. Путем отбора наиболее репрезентативных индексов для всех периодов съемки формируются временные ряды наблюдений с заданной периодичностью.

Наиболее репрезентативными для распознавания типов доминирующих пород представляются такие индексы, как Chlorophyll Index (CIg), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Leaf Index (GLI), Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Сопоставление рядов вегетационных индексов с регулярными полевыми наблюдениями, позволит установить взаимосвязь величины вегетационных индексов с величиной запасов биомассы, а, следовательно, с запасами углерода на исследуемой территории полигона и экстраполировать полученные результаты на территории со схожими растительными сообществами.

Проведена низковысотная съемка лидаром AGM MC-1 на территории лесного участка "Карбон-Поволжье". В результате получена цифровая модель рельефа, находящегося под лесным покровом, карта высоты деревьев (рис. 3). Также проведена сегментация облака точек на отдельные деревья, что позволило получить морфометрические характеристики крон для последующего определения AGB (рис. 4).

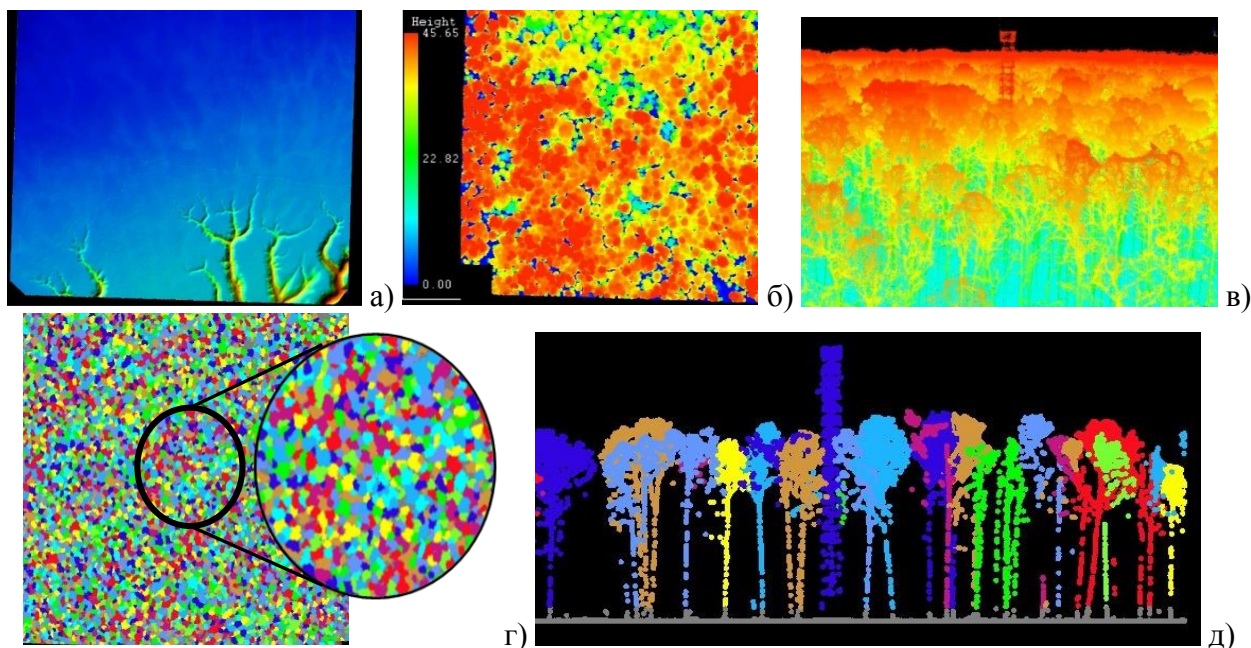


Рис. 3. ЦМР (а), карта высоты древесной растительности (б), облако точек (в), сегментация облака точек (г, в) на лесной участок полигона "Карбон-Поволжье"

CrownDiameter(metre)	CrownDiameter(S-N)(metre)	CrownDiameter(E-W)(metre)	CrownArea(square metre)	CrownVolume(cubic metre)			
Среднее	7,69	Среднее	8,28	Среднее	53,92	Среднее	457,85
Стандартная ошибка	0,04	Стандартная ошибка	0,05	Стандартная ошибка	0,05	Стандартная ошибка	8,44
Медиана	7,20	Медиана	7,70	Медиана	8,00	Медиана	41,20
Мода	6,20	Мода	5,50	Мода	5,70	Мода	17,30
Стандартное отклонение	3,09	Стандартное отклонение	3,60	Стандартное отклонение	3,70	Стандартное отклонение	44,54
Дисперсия выборки	9,57	Дисперсия выборки	12,96	Дисперсия выборки	13,71	Дисперсия выборки	1984,12
Эксцесс	0,76	Эксцесс	1,27	Эксцесс	1,21	Эксцесс	6,61
Асимметричность	0,77	Асимметричность	0,93	Асимметричность	0,90	Асимметричность	2,03
Интервал	23,20	Интервал	29,80	Интервал	28,80	Интервал	430,00
Минимум	0,20	Минимум	0,20	Минимум	0,30	Минимум	0,00
Максимум	23,40	Максимум	30,00	Максимум	29,10	Максимум	430,00
Сумма	40506,40	Сумма	43630,00	Сумма	45405,80	Сумма	284155,00
Счет	5270,00	Счет	5270,00	Счет	5270,00	Счет	5270,00
Уровень надежности(95,0%)	0,08	Уровень надежности(95,0%)	0,10	Уровень надежности(95,0%)	0,10	Уровень надежности(95,0%)	1,20

Рис. 4. Морфометрические характеристики крон, полученные по результатам лидарной съемки

### Водный участок

Для получения рельефа дна, а также для технического обоснования установки площадки наблюдений на водном участке полигона "Карбон Поволжья" проведена батиметрическая съемка участка протоки на территории Волжско-Камского государственного биосферного заповедника. Слепая протока представляет собой затопленное межрядовое понижение поймы р. Волга. На участке обследования фиксируется большое количество затопленных пней от вырубленных деревьев (подготовка территории в ходе создания Куйбышевского водохранилища в 1957 г.).

Всего в ходе обследования накоплено 3462 отметок глубин. В ходе камеральной обработки выбраковке подверглось 156 отметок. Отметка уреза воды на дату съемки определена в 51,2 м абс. БС. По результатам съемки была получена ЦМР залива на водном участке и построена карта глубин (рис. 8).

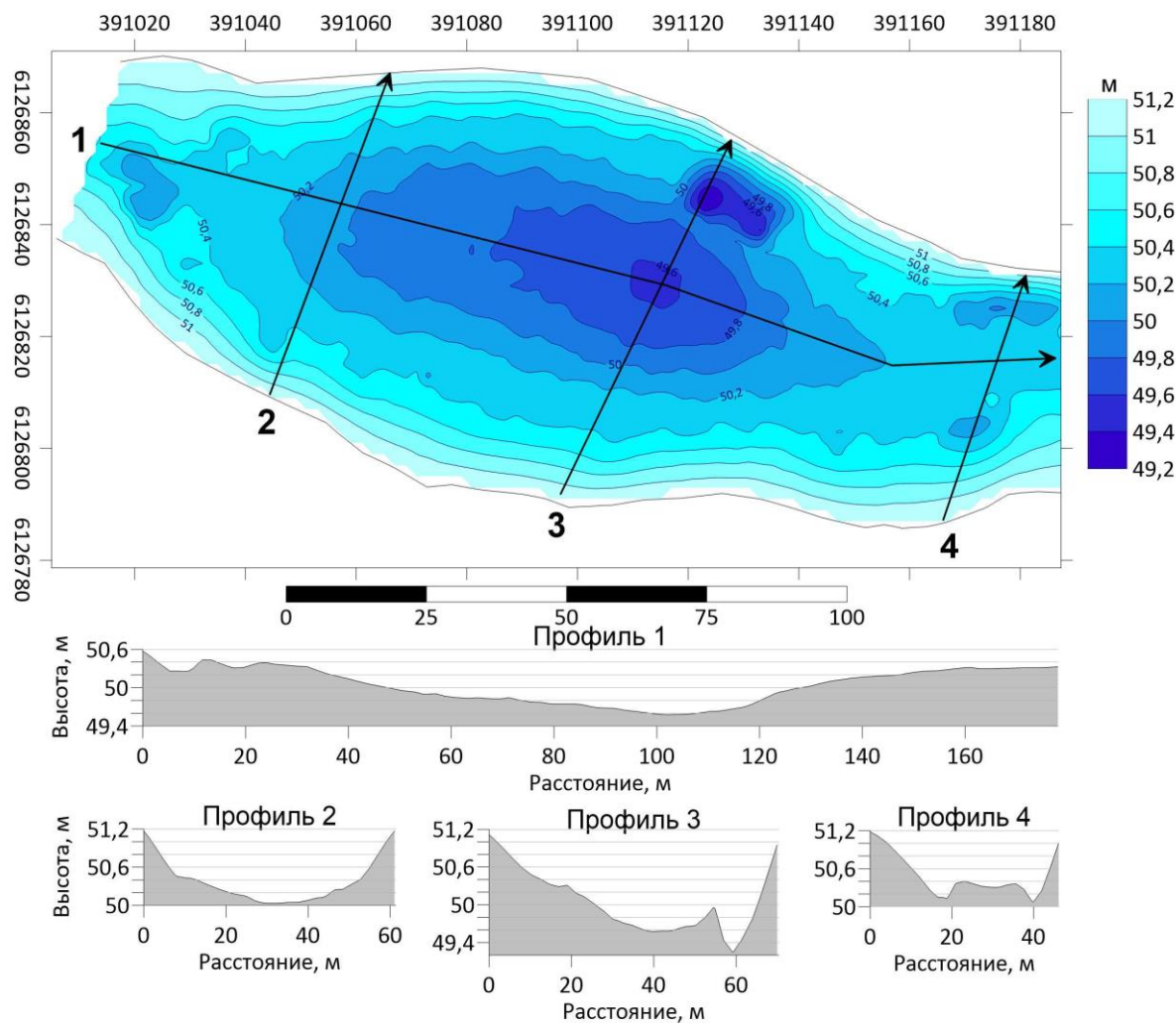


Рис. 5. Карта рельефа дна залива на водном участке полигона «Карбон-Поволжье»

Обследованный участок «условно» отделен от тела протоки минимальными глубинами («мелководьем») и представляет собой локальную западину. Рельеф дна спокойный, с плавным понижением к центру. У северного берега обнаружено приямочное понижение с максимальной зафиксированной глубиной на участке съемки в 49,13 м абс. БС (2,07 м). Средняя глубина на участке составляет 50,37 м абс. (0,8 м), а медианная – 50,29 м абс.

Также проводится мультиспектральная съемка водного участка карбонового полигона (рис. 6) синхронно с полевыми наблюдениями, которая позволит оценить вегетационные свойства, но уже водной растительности, а также проводить мониторинг водной фитомассы посредством расчета соответствующих индексов и их сопоставлением с данными полевых исследований.

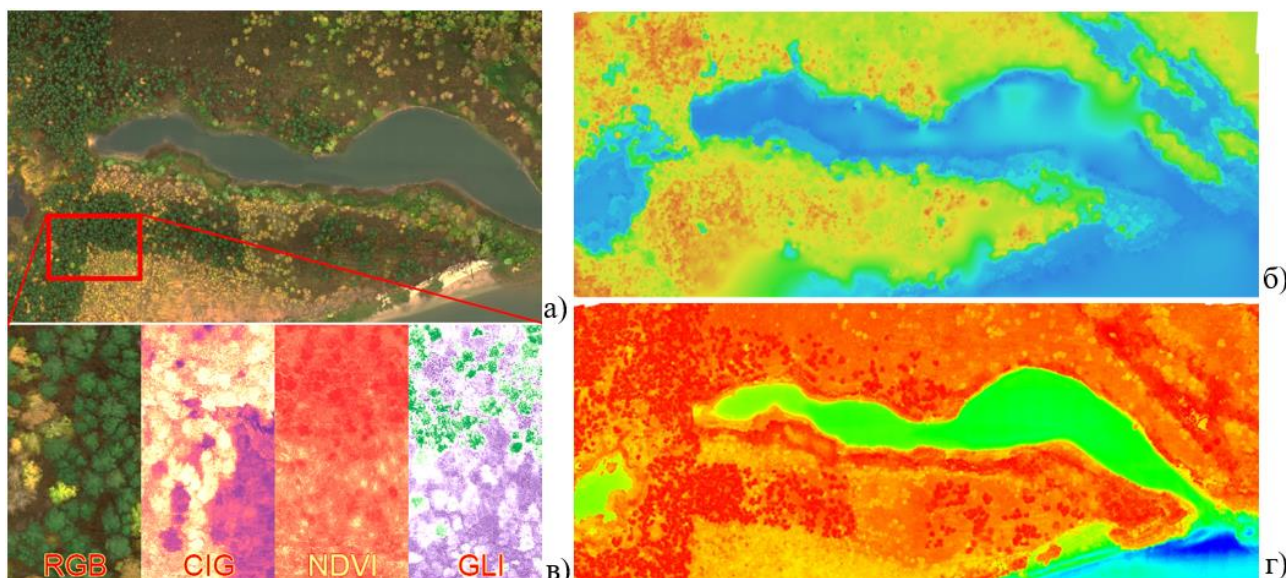


Рис. 6. Ортофотоплан (а), ЦМР (б), вегетационные индексы (в, г) на водный участок полигона «Карбон-Поволжье»

В пределах полигона по данным БПЛА предполагается разработка алгоритма автоматизированного распознавания кроны деревьев с использованием системы OBIA eCognition Developer. Такие данные могут быть полезны при расчете AGB. При первых попытках возникла проблема, связанная с наличием искажений на ортофотопланах из-за низкой высоты съемки, а также их излишне высокой детальностью. Для решения этой задачи этого необходимо провести ряд экспериментальных съемок тестового участка с БПЛА, для определения оптимальной высоты, скорости съемки и пространственного разрешения ортофотоплана.

#### Благодарности

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2022-0003

#### Литература

1. Gafurov A. (2021) The methodological aspects of constructing a high-resolution DEM of large territories using low-cost UAVs on the example of the Sarycum Aeolian Complex, Dagestan, Russia. *Drones* 5(1):7. doi:10.3390/drones5010007
2. Kozhevnikova M.V., Prokhorov V.E., Saveliev A.A. (2019) Predictive modeling for the distribution of plant communities of the order Quercetalia pubescenti-petraeae Klika 1933. *Vestn. Tomsk. Gos. Univ. Biol.* 47:59–73. doi:10.17223/19988591/47/4
3. Gafurov A., Yermolayev O., Usmanov B. (2021) Creation of high-precision digital elevation models using the GNSS UAV. *InterCarto InterGIS* 27(2):327–339. doi:10.35595/2414-9179-2021-2-27-327-339
4. Täll K. (2020) Accuracy of mobile forest inventory application KatamTM Forest: evaluation of accuracy in different forest types and comparison to conventional inventory methods. Master Thesis. Second cycle, A2E. Alnarp: SLU, Southern Swedish Forest Research Centre.
5. Karpina M., Jarzabek-Rychard M., Tymków P. et al (2016) UAV-based automatic tree growth measurement for biomass estimation. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* XLI-B8:685–688. doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B8-685-2016
6. Li B., Xu X., Zhang L. (2020) Above-ground biomass estimation and yield prediction in potato by using UAV-based RGB and hyperspectral imaging. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 162:161–172. doi:10.1016/j.isprsjprs.2020.02.013
7. Devia C.A., Rojas J.P., Petro E. (2019) High-throughput biomass estimation in rice crops using UAV multispectral imagery. *J. Intell. Robot. Syst.* 96(3-4):573–589. doi:10.1007/s10846-019-01001-5
8. Effiom A.E., van Leeuwen L.M., Nyktas P. (2019) Combining unmanned aerial vehicle and multispectral Pleiades data for tree species identification, a prerequisite for accurate carbon estimation. *J. Appl. Remote Sens.* 13(3):1. doi:10.1117/1.JRS.13.034530

9. Qiao L., Zhao R., Tang W. (2022) Estimating maize LAI by exploring deep features of vegetation index map from UAV multispectral images. *Field Crops Res.* 289:108739. doi:10.1016/j.fcr.2022.108739
10. d'Oliveira M., Broadbent E., Oliveira L. (2020) Aboveground biomass estimation in Amazonian tropical forests: a comparison of aircraft- and GatorEye UAV-borne LiDAR data in the Chico Mendes Extractive Reserve in Acre, Brazil. *Remote Sens.* 12(11):1754. doi:10.3390/rs12111754
11. Lu J., Wang H., Qin S. (2020) Estimation of aboveground biomass of Robinia pseudoacacia forest in the Yellow River Delta based on UAV and Backpack LiDAR point clouds. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation* 86:102014. doi:10.1016/j.jag.2019.102014
12. Lian X., Zhang H., Xiao W. (2022) Biomass calculations of individual trees based on unmanned aerial vehicle multispectral imagery and laser scanning combined with terrestrial laser scanning in complex stands. *Remote Sens.* 14(19):4715. doi:10.3390/rs14194715
13. Moe K., Owari T., Furuya N. (2020) Comparing individual tree height information derived from field surveys, LiDAR and UAV-DAP for high-value timber species in Northern Japan forests 11(2):223. doi:10.3390/f11020223



## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЗЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИСШЕСТВИЙ

*Пащенко А.П.,  
ООО КосКом*

Обеспечение безопасности населения и промышленных объектов на территории РФ - важнейшая задача государственного управления. Ведётся активная разработка методов прогнозирования, моделирования и оценки катастроф, как природных, так и техногенных.

Время протекания экологических происшествий может лежать в широком диапазоне, от процессов, длящихся годы (накопление промышленных загрязнений и выбросов), до стремительных явлений (взрыв), которые наблюдать трудно, и сразу приходится иметь дело с последствиями происшествия.

Текущая геополитическая ситуация по понятным причинам ставит новые задачи по разработке и созданию отечественных систем мониторинга экологической обстановки, разработке новых методов оценки последствий экологических происшествий техногенного характера (аварий энергетических, гидротехнических, нефтегазовых объектов), а значит, принятия оперативного и компетентного решения.

Для решения подобных задач широко используется космическая информация, так как она имеет следующие особенности:

- широкое потенциальное поле зрения или зона обслуживания систем космического наблюдения, (как правило, снижающее стоимость получения данных в сравнении с наземными средствами);

- интегральный характер наблюдений, сразу по всей территории (а не в точках наземных наблюдений);

- возможность наблюдать одно и то же явление разными типами съёмочных систем, с разных орбит, разными космическими платформами разных стран (это недоступно для наземных национальных систем наблюдений).

В гораздо меньшей степени готовы для применения методы геоэкологического или геосистемного мониторинга - наблюдения за изменением тех главных геосистем (в том числе природных экосистем), из которых состоит окружающая среда, а также за преобразованием их в природно-технические (агросистемы, города, среда промышленных районов и т.д.). Для этого типа экологического мониторинга космические методы успешно применяются, но требуется доведение их до уровня аттестованных средств измерений, создание аналитических сервисов, готовых для применения у потребителей, поэтому работу, в том числе, следует направить на разработку методик, позволяющих комплексно решать задачу зондирования Земли с отечественных КА для оценки последствий экологических происшествий, с достижением такого уровня информационных сервисов, который может быть непосредственно усвоен в деятельности федеральных и региональных ситуационных центров и дальнейшее развитие данной программы с целью достоверного прогноза экологических происшествий. Нами был проведен анализ существующих геоинформационных систем, предоставляющих информацию об экологических происшествиях, а также современных сопутствующих программ и модулей, которые можно использовать для мониторинга обстановки.

**В ходе работы рассмотрено несколько систем, сервисов, индексов и ПО для картографии и пространственной аналитики:**

**1. EOSDIS** (Earth Observing System), в которой спутниковые данные и информация, получаемая другими системами, интегрируются в общую информационную систему для экологического мониторинга. Доступ к данным EOSDIS обеспечивается через геопортал космического агентства США (NASA - <https://worldview.earthdata.nasa.gov>) (рис. 1).

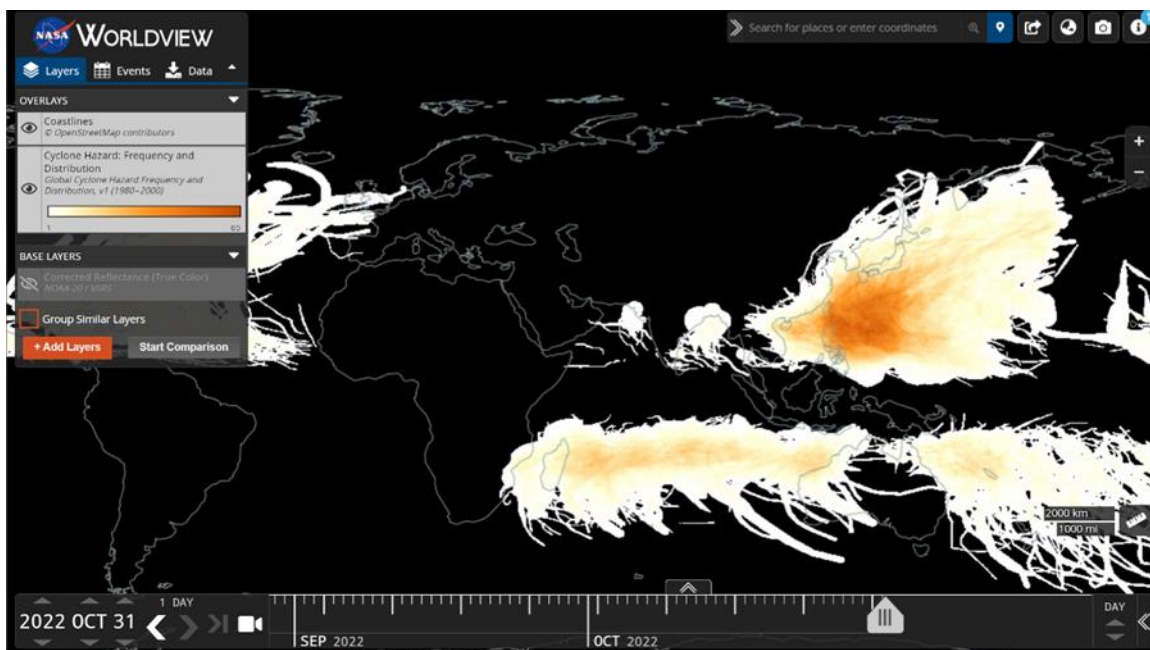


Рис. 1. Отображение данных о частоте и масштабе циклонов из системы EOSDIS на геопортале [worldview.earthdata.nasa.gov](http://worldview.earthdata.nasa.gov)

**2. Европейская программа Copernicus**, ранее называвшаяся GMES (Глобальный мониторинг окружающей среды и безопасности). Программа направлена на развитие потенциала Европейского космического агентства (ESA) в области наблюдений за Землей, и на создание информационных сервисов, основанных на данных спутникового мониторинга, а также непосредственного наблюдения за состоянием воздуха, водных и земельных ресурсов.

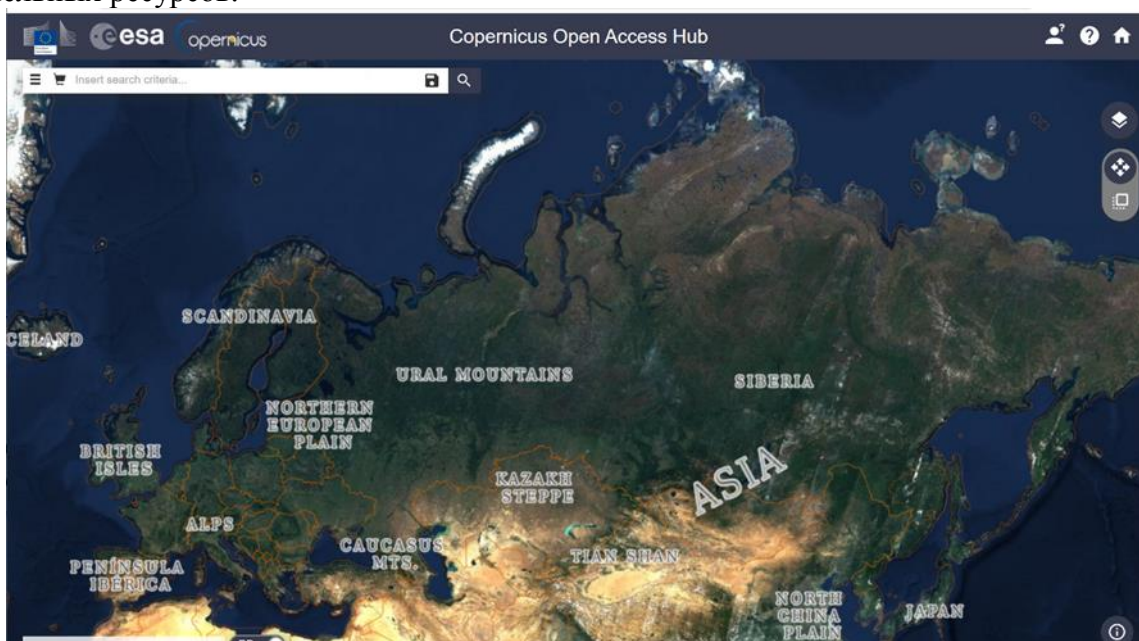


Рис. 2. Отображение данных космической съемки на геопортале проекта Copernicus ([scihub.copernicus.eu](http://scihub.copernicus.eu))

**3. Также проведен анализ геопортала Роскосмоса**, включая данные КА серии «Канопус - В» - космического комплекса российских спутников оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, предназначенный для высокодетального дистанционного зондирования Земли (рис.3), благодаря RPC полиномам - инструменту для повышения точности и ускорения процесса обработки данных. В период

с 2012 по 2018 гг. было выведено на круговую солнечно-синхронную орбиту высотой 510 км 6 спутников.

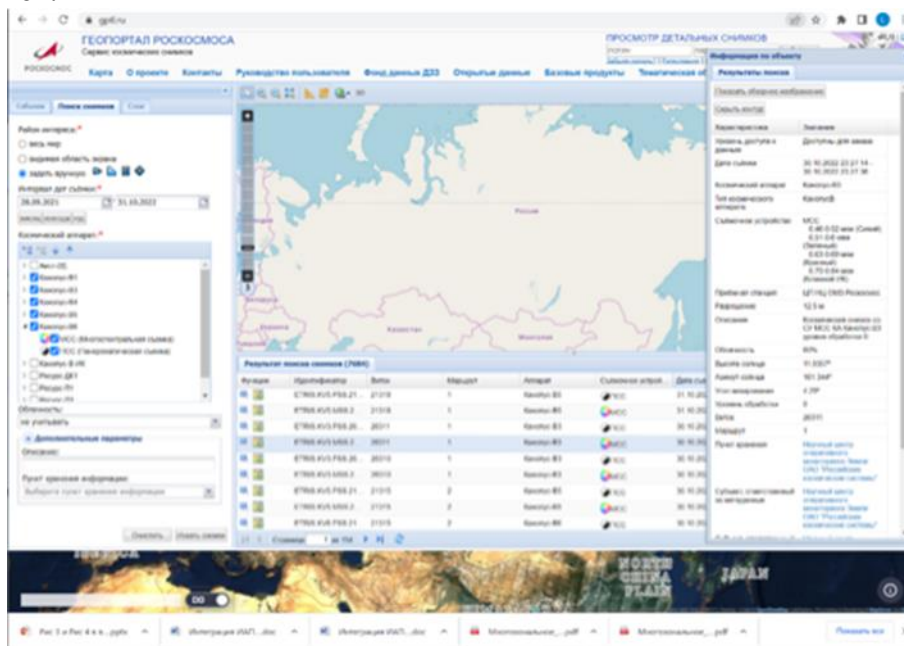


Рис. 3. Отображение данных космической съемки на геопортале Роскосмоса (gptl.ru)

Геопортал Роскосмоса предоставляет доступ к исходным данным Единой территориально - распределенной системы дистанционного мониторинга Земли (ЕТРИС ДЗЗ), но не включает сервисы экологического мониторинга или результаты наблюдений чрезвычайных происшествий.

Результаты наблюдений чрезвычайных происшествий, созданные по данным гидрометеорологических спутников Метеор-М, можно получить на портале научно-исследовательского центра космической гидрометеорологии Планета Росгидромет (ФГБУ НИЦ Планета) (рис.4). Но ФГБУ НИЦ Планета не имеет геопортала и не предоставляет геопортал-сервисы через программные интерфейсы.



Рис. 4. Отображение данных космической съемки на информационном портале ФГБУ НИЦ Планета

#### 4. ESRI и ArcGIS

Данные системы представляют собой программное обеспечение для ГИС-картографии и пространственной аналитики.

ArcGIS – передовое полнофункциональное программное обеспечение для картографии.

Esri — американская компания, производитель геоинформационных систем. Семейство программных продуктов компании ArcGIS получило широкое распространение в мире и, в частности, в России.

#### 5. QGIS бесплатная географическая информационная система с открытым исходным кодом

QGIS - профессиональная ГИС, основанная и являющаяся представителем свободного программного обеспечения (FOSS), функционирующая на волонтерской основе.

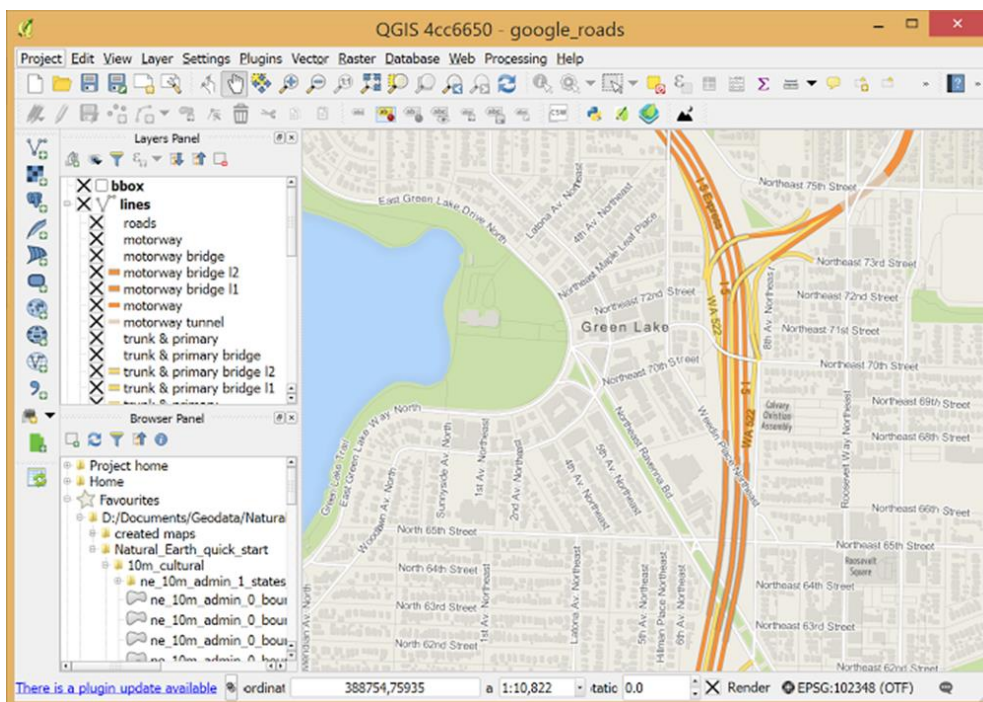


Рис. 5. Страница QGIS

QGIS это дружественная к пользователю географическая информационная система (ГИС) с открытым кодом, распространяющаяся под GNU General Public License. QGIS является проектом Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Она работает на Linux, Unix, Mac OSX, Windows и Android, поддерживает множество векторных, растровых форматов, баз данных и обладает широкими возможностями.

QGIS предлагает постоянно растущий набор возможностей, реализованных в ядре и модулях. Пользователь может визуализировать, управлять, редактировать и анализировать данные, готовить печатные карты.

#### 6. Открытая настольная ГИС SAGA

SAGA является ПО с открытым исходным кодом, или проще – открытым ПО, Исследования фокусировались в основном на анализе ЦМР для прогнозирования свойств почв, динамики физико-географических процессов связанных с рельефом, а также некоторых климатических параметров.

Развитие SAGA подчиняется исследовательским интересам ее изобретателей, разработчиков и активных пользователей, которые являются представителями различных объединений. «Колыбелью» проекта стала кафедра физической географии Гёттингенского университета.

SAGA написана на языке программирования C++, позволяющем осуществлять объектно-ориентированное проектирование системы. Наличие готовых универсальных открытых исходных кодов на C++ дает возможность инкорпорировать их в разрабатываемое приложение. Это существенно упрощает и ускоряет сам процесс разработки.

ДЗЗ - это не просто фотография со спутника одной камерой одной сцены большого пространства в классической цветовой модели и спектра RGB (красный, зелёный, синий, с соответствующей длиной волн), которая описывает способ кодирования цвета и делает магию обычного фото и только одного.

Речь идёт о мультиспектральных снимках, которые делает спутник благодаря своим сенсорам, причём, не только оптическим, но и радиоволновым, рентгеновским, ультрафиолетовым. Это позволяет нам видеть одну и ту же сцену в разных волновых диапазонах. Современная аппаратура спутника позволяет нам фиксировать картину через 12 каналов, остаётся лишь своевременно получить и обработать сырые спутниковые снимки и интерпретировать интересные и ценнейшие сведения.

**И здесь огромное значение имеют вегетационные индексы, которые используются для обработки спутниковых снимков:**

*NDVI - Нормализованный относительный вегетационный индекс.* На данный момент он является устаревшим.

*EVI - Усовершенствованный вегетационный индекс.*

Улучшенный индекс биомассы растений. Модификацию NDVI, в котором минимизировано влияние почвы и атмосферы. Позволяет оценивать состояние растений как в условиях густого растительного покрова, так и в условиях разреженной растительности.

*GNDVI - Зеленый нормализованный относительный вегетационный индекс.*

Показатель фотосинтетической активности растительного покрова, наиболее часто используемый при оценке влагосодержания и концентраций азота в листьях. Применим при оценке угнетенной и стареющей растительности. Эффективен при оценке содержания азота в листьях растений.

*NDRE - нормализованный относительный Red Edge индекс.* То же самое, что GNDVI, только работает по крайнему красному и ближнему ИК спектральным каналам.

*NDWI - Нормализованный разностный водный индекс.* Показатель содержания влаги в почве и листьях растений. Оценивает неоднородность степени увлажнения растительности и почв.

*LAI - Индекс листовой поверхности.*

Отношение суммарной площади односторонней поверхности листьев на участке к площади данного участка. Определяет плотность растительного покрова и биомассы. Мониторинг роста и сохранности растений. Прогнозирование урожайности. Расчет суммарного испарения влаги.

*ARVI - Вегетационный индекс устойчивый к атмосферным явлениям.* Использует отражение света в синем спектре для коррекции эффектов рассеяния в атмосфере. Подходит для регионов с высоким содержанием взвешенных в атмосфере частиц: туман, дожди, загрязнения воздуха, пыль, дым.

*REPO* - Индекс ближнего инфракрасного склона спектральной кривой растительности. Индекс "зелености" растения предназначен для определения уровня хлорофила в растениях.

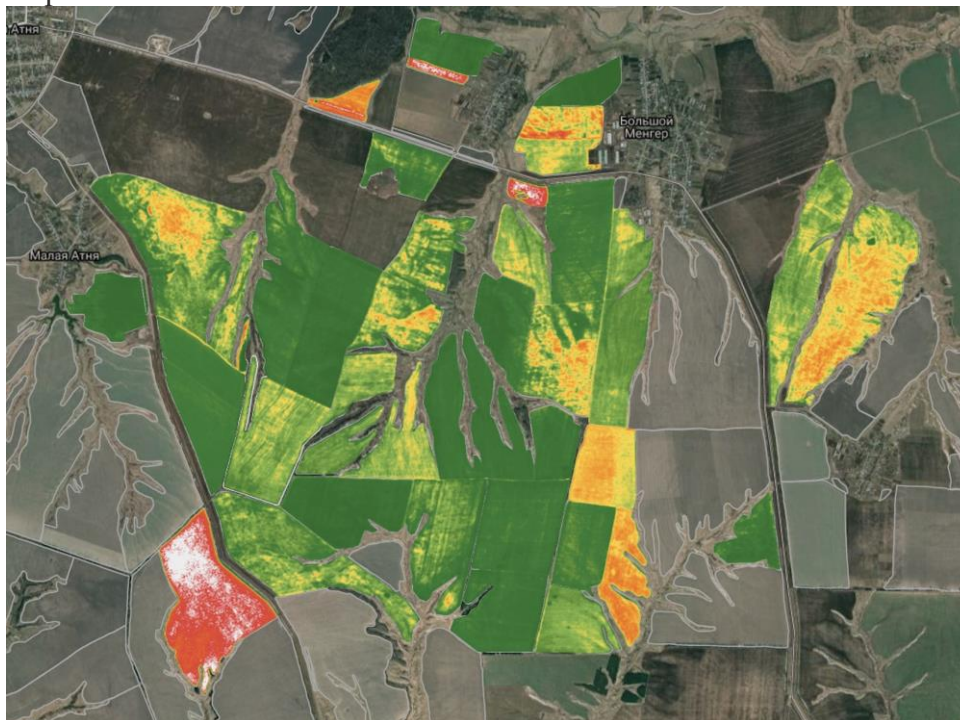


Рис. 6. Цифровая платформа КлеверFarmer

Цифровая платформа КлеверFarmer позволяет бесплатно отслеживать эти индексы на своих полях.

**На основе проведенного анализа сделаны следующие выводы:**

Существующая группировка российских спутников позволяет наблюдать экологические происшествия в различных регионах мира, а используя в едином алгоритме индексы и соответствующие ПО возможно организовать:

- обработку первичных данных, дополненных орбитальной информацией;
- создание радиометрически откорректированного и географически привязанного изображения;
- геометрическое преобразование в заданную картографическую проекцию изображение, с учетом цифровой модели местности;
- мультиспектральную обработку, включающую в себя совместную обработку разновременных данных или данных, полученных с различных датчиков.

**В дальнейшей работе мы планируем провести анализ следующих этапов обработки данных ДЗЗ для оценки последствий экологических происшествий:**

- обработки данных на борту космического аппарата;
- первичной обработки данных провайдером;
- вторичной (тематической) обработки и усвоения данных информационными системами в федеральных и региональных ситуационных центрах.
  - фильтрация изображений;
  - классификация данных и дешифрирование изображений;
  - векторизация;
  - моделирование явлений.

**Фильтрации** изображений решает следующие задачи: изменение цвета, насыщенности, яркости и контраста изображения, удаление «шума» и дефектов съемки, повышение резкости и сглаживание, выделение контуров и т.п.

**Классификация** – это тематическая обработка, которая позволяет производить разбиение снимков на однородные по какому-либо критерию области (классы объектов). Процедура классификации основывается (чаще всего) на статистическом анализе различных характеристик изображения: пространственных, спектральных или временных.

**Векторизация** – это преобразование растрового изображения в его векторное представление. Существуют автоматизированные алгоритмы векторизации, но часто процедуры векторизации требуют значительного объема операторской работы.

**Моделирование явлений** и прогнозирование развития последствий экологических происшествий используется для более точной оценки последствий экологических происшествий, планирования мер компенсации экологического вреда и оперативного учета влияния проводимых мероприятий. Результаты моделирования используются в практической деятельности потребителей, именно на этом этапе осуществляется интерпретация полученных результатов обработки ДЗЗ в целях решения задач потребителей в ситуационном центре.

Для работы ситуационного центра также необходимы следующие типы данных:

– картографические данные, отражающие большой объем информации об относительно стабильных природных или антропогенных объектах, четко привязанных в пространстве и имеющих определенные границы (или длину, высоту, объем);

– наземные данные, результат длительных наблюдений конкретного объекта или наземных точечных измерений (например, наземных данных экологического мониторинга или гидрометеорологических наблюдений).

На этапе усвоения данных информационной системой потребителя, ключевую роль играют способы и форматы предоставления результатов анализа данных, позволяющие им находиться в едином геоинформационном пространстве наряду с другими пространственными и непространственными данными потребителей.

---

#### Литература

1. Хабаров Д.А., Адиев Т.С., и др. «Анализ современных технологий дистанционного зондирования Земли», Московский экономический журнал, 1, 2019
2. Гельдыев Б.В., Максимов М.А., Шкурычев Д.С. Экологическая оценка природно-антропогенных систем с использованием ГИС и ДДЗ // ArcReview, 2008. №2 (45). С. 12-13.
3. Медведева О. Е., Артеменков А. И. Оценка ущерба (вреда) от загрязнения атмосферного воздуха для стимулирования внедрения наилучших доступных технологий в России // Имущественные отношения в России
4. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы и обработки изображений: Учеб. пособие: Пер. с англ. А.В. Кирюшина, А.И. Демьяникова. – М.: Техносфера, 2010. – 556 с.
5. Геопортал НАСА. Электронный ресурс. <https://worldview.earthdata.nasa.gov>
6. Открытая база данных «Коперник». Электронный ресурс. <https://scihub.copernicus.eu>
7. Геопортал Роскосмоса. Электронный ресурс. <https://gptl.ru/>
8. НИЦ «Планета». Электронный ресурс. <http://planet.iitp.ru>
9. Свободная кроссплатформенная геоинформационная система «QGIS». Электронный ресурс. <https://qgis.org/ru/site/>

**ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА, ПРОДУКТОВ, СЕРВИСОВ И УСЛУГ ДЗЗ ИЗ КОСМОСА ПРИ РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГОСКОРПОРАЦИИ "РОСКОСМОС" И ФЕДЕРАЛЬНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ "ЕДИНАЯ ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА "НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ"**

*Заичко В.А., Шведов Д.О.*

*Государственная корпорация по космической деятельности "Роскосмос", г. Москва*

В условиях развития цифровых технологий, а также их повсеместного использования, в том числе в рамках цифровой трансформации отраслей экономики Российской Федерации применение данных, продуктов, сервисов и услуг дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) из космоса является одним из необходимых элементов цифровизации.

Ряд прикладных задач (в особенности с большим территориальным охватом) в интересах социально-экономического развития территорий субъектов Российской Федерации решаются с использованием технологий ДЗЗ из космоса уже сегодня.

Для этого Госкорпорацией "Роскосмос" созданы, модернизируются и эксплуатируются наземная космическая инфраструктура ДЗЗ, информационные системы и технологии ДЗЗ, а также обеспечено получение и предоставление потребителям данных ДЗЗ, получаемых государственной орбитальной группировкой космических аппаратов ДЗЗ.

Все системы и технологии ДЗЗ Госкорпорации "Роскосмос" базируются на основе Единой территориально-информационно распределенной информационной системы ДЗЗ (далее – ЕТРИС ДЗЗ), основу которой составляют не только региональные центры приема и обработки данных ДЗЗ, но и соответствующие технические и аппаратно-программные средства, обеспечивающие обработку, хранение и распространение данных ДЗЗ, продуктов, сервисов и услуг на их основе посредством геопортала Роскосмоса.

При этом ЕТРИС ДЗЗ обеспечивает прием, сбор, обработку, хранение и распространение данных ДЗЗ, получаемых как с государственных и негосударственных космических аппаратов ДЗЗ с использованием следующих систем:

геопортал Госкорпорации "Роскосмос" (федеральный фонд данных ДЗЗ, оперативная съемка);

информационная система "Цифровая Земля";

банк базовых продуктов межведомственного использования;

портал открытых данных и портал предоставления данных с КА "Электро-Л".

Указанные системы работают в "облачной" инфраструктуре, которая обладает возможностью обмениваться данными с потребителем не только посредством скачивания их по ссылке с порталов, но и посредством API – программного интерфейса.

API систем предоставления данных ДЗЗ Госкорпорации "Роскосмос" позволяет потребителям получать и работать с данными в собственных геоинформационных системах напрямую, тем самым существенно сокращая временные потери на скачивание данных, а также на их последующую загрузку в свою систему, при этом автоматизируя весь процесс их получения.

На сегодняшний день Госкорпорация "Роскосмос" уже взаимодействует по API с рядом федеральных, ведомственных и региональных информационных систем используя свою "облачную" инфраструктуру.

**Федеральный фонд данных ДЗЗ из космоса.**

На основании Закона Российской Федерации от 20.08.1993 № 5663-1 "О космической деятельности" Госкорпорацией "Роскосмос" создан и эксплуатируется федеральный фонд данных ДЗЗ из космоса.



Федеральный фонд данных ДЗЗ представляет собой совокупность данных и продуктов ДЗЗ, содержащихся в фонде и являющихся государственным информационным ресурсом, аппаратно-программных средств и технологий, предназначенных для включения, учета, хранения и выдачи потребителям продуктов ДЗЗ из фонда, полученных с государственных и негосударственных космических аппаратов ДЗЗ.

Доступ к фонду обеспечивается с использованием геопортала Госкорпорации "Роскосмос", который позволяет скачивать данные напрямую с портала (время готовности данных от 30 мин), а также просматривать данные непосредственно в окне портала.

Федеральный фонд данных ДЗЗ функционирует на основе технологии автоматической потоковой обработки информации, которая позволила существенно увеличить оперативность выдачи продуктов ДЗЗ и их качество, а также полностью автоматизировать процессы.

Функционал федерального фонда данных ДЗЗ позволяет не только работать с порталом, но интегрироваться с информационными системами потребителей (федеральными, региональными, ведомственными, физических и юридических лиц), обеспечивая выдачу данных непосредственно в них.

В 2022 году с использованием федерального фонда данных ДЗЗ было отработано более 2 тыс. заявок и передано продуктов ДЗЗ на территорию общей площадью более 390 млн. кв. км.

#### **Банк базовых продуктов межведомственного использования.**

Банк базовых продуктов межведомственного использования (далее – ББП) – геоинформационный сервис, базирующийся на централизованном хранении индексных изображений и мозаичных покрытий, получаемых в результате обработки данных с отечественной группировки КА ДЗЗ, позволяющие на их основе формировать тематические продукты, применяемые для решения различных прикладных задач глобального и регионального мониторинга.

Для пользователей разного уровня ББП – это эффективный инструмент доступа к базовым и тематическим продуктам ДЗЗ, формируемым по данным российских и зарубежных КС ДЗЗ, поддерживающий:

- поиск данных ДЗЗ на район интереса, используя необходимые критерии и параметры выборки;

- возможность получения актуальной информации о появлении новых сцен на район интереса;

- возможность просмотра бесшовных сплошных покрытий на регионы Российской Федерации;

- заказ и формирование тематических продуктов (индексных изображений) по найденным архивным данным ДЗЗ;

- возможность оперативного формирования многоканальных файлов RGB и NRG из базовых продуктов ДЗЗ, заказанных в банке (программа BBP\_BUNDLE);

- оперативное предоставление результатов выполнения заказа для скачивания и онлайн анализа, в том числе в привычной и доступной среде (например, QGIS) за счет специального модуля;

- графический веб-интерфейс (с поддержкой картографической основы) для обычных пользователей и программный веб-интерфейс для разработчиков.

Также, как и все системы ДЗЗ Госкорпорации "Роскосмос", ББП обладает возможностью программной интеграции с информационными системами пользователей и уже взаимодействует с системами МЧС России, Минсельхоза России, Росреестра и др.

#### **Информационная система "Цифровая Земля".**

Во исполнение поручений Президента Российской Федерации Госкорпорации "Роскосмос" обеспечивает в Российской Федерации реализацию проекта "Цифровая Земля".

Цель проекта – создание информационной системы, обеспечивающей доступ потребителей к данным ДЗЗ, представленным в виде постоянно обновляемого единого сплошного динамического покрытия всей территории Российской Федерации, а также к продуктам, услугам и сервисам ДЗЗ с использованием аппаратных и технических средств единой территориально-распределенной системы ДЗЗ.

Основными задачами проекта являются:

1. Определение потребностей цифровой экономики в отечественных услугах и технологиях сбора, обработки, распространения и анализа данных ДЗЗ из космоса, а также в продуктах и услугах, создаваемых на их основе.

2. Разработка отечественных технологий обработки данных ДЗЗ из космоса и продуктов на их основе.

3. Создание Единого сплошного многослойного динамического (постоянно обновляемого) покрытия данными ДЗЗ из космоса различного пространственного разрешения и в различных диапазонах спектра не только всей территории Российской Федерации, но и всего Земного шара.

4. Разработка и ввод в эксплуатацию информационной системы (цифровой платформы) "Цифровая Земля".

5. Разработка отечественных технологий тематической обработки данных ДЗЗ из космоса в интересах органов государственной власти и местного самоуправления, государственных компаний и корпораций. Формирование широкой номенклатуры прикладных клиентоориентированных отраслевых сервисов и услуг на базе технологий геопространственного анализа данных ДЗЗ из космоса.

В соответствии с целями и задачами проекта Госкорпорацией "Роскосмос" создается информационная система "Цифровая Земля", обеспечивающая формирование постоянно обновляемого Единого сплошного многослойного динамического покрытия территории Российской Федерации (далее – ЕСМДП) данными ДЗЗ различного пространственного разрешения, и обеспечения доступа потребителей к данным, продуктам и сервисам ДЗЗ (далее – ИС ЦЗ).

ЕСМДП - постоянно обновляемое единое сплошное многослойное динамическое покрытие, будет представлять собой наборы данных ДЗЗ, полученных с российской орбитальной группировки КА ДЗЗ: КА "Ресурс-П" (аппаратура "Геотон-Л1", КШМСА), "Канопус-В" (аппаратура ПСС, МСС), "Метеор-М" (аппаратура КМСС, МСУ-МР), "Электро-Л" (аппаратура МСУ-ГС), стереоскопического КА "Аист-2Т", высокоэллиптического КА "Арктика-М" и радиолокационных КА "Кондор-ФКА", "Обзор-Р" и других перспективных КА, включая негосударственные (зарубежные и коммерческие).

Данное покрытие будет иметь точность геопривязки до 5 метров, а обновление будет происходить ежедневно в режиме "реального" времени в порядке поступления оперативных данных с орбитальной группировки КА ДЗЗ.

Для предоставления аналитических тематических продуктов ДЗЗ в рамках ИС ЦЗ созданы сервисы ДЗЗ по различным отраслям экономики: "Лес-контроль", "Эко-мониторинг", "Карьеры", "Строй-контроль", "Сельхоз-мониторинг", "Чрезвычайные ситуации", "Нарушенные земли".

Использование ЕСМДП и сервисов на его основе в интересах отраслей экономики сводится к задаче информационного обеспечения пользователей на любой район интереса в формате, пригодном для автоматического (автоматизированного) анализа.

Основные области применения ЕСМДП и сервисов ДЗЗ на его основе:

хозяйственная деятельность в отраслях, связанных с использованием и переработкой возобновляемых и невозобновляемых природных ресурсов, включая сельское, рыбное, лесное, водное хозяйство, геологию и разработку месторождений полезных ископаемых;

создание и обновление широкого спектра общегеографических и тематических картографических материалов (карты в цифровом виде, ГИС разного назначения, карты

сейсмичности и геологического риска, карты лесных массивов, сельхозугодий и др. тематического назначения);

экологический мониторинг на глобальном, региональном и локальном уровнях за распространением загрязнений во всех трех основных природных сферах (атмосфера, поверхность суши, водная среда), развитием процессов деградации природной среды;

мониторинг чрезвычайных ситуаций (ЧС), включая обнаружение факта ЧС, оценку масштабов и характера разрушений; прогнозирование землетрясений и других разрушительных природных явлений;

деятельность по землеустройству, прокладке транспортных магистралей, строительству промышленных объектов и градостроительству, составлению кадастров земельных и иных природных ресурсов.

В 2022-2023 годах с использованием ИС ЦЗ 85 субъектам Российской Федерации предоставлено 8 продуктов ДЗЗ: "Лесопокрытые площади", "Информация о естественных изменениях в лесном фонде", "Информация о хозяйственной деятельности в лесном фонде", "Исходная ситуация по карьерам", "Информация об изменениях состояния площади, появления новых, либо рекультивации имеющихся карьеров", "Исходная ситуация по объектам строительства", "Информация об изменениях количества, появления новых строительных объектов, либо завершения строительства", "Объекты гидрографии".

Помимо этого, в сентябре-октябре 2023 года запланирована опытная эксплуатация ИС ЦЗ с использованием ЕСМДП в 8 пилотных регионах: Республике Крым, Тульской области, Республике Татарстан, Самарской области, Красноярском крае, Кировской области, Калужской области и Иркутской области.

По результатам опытной эксплуатации, а также завершению испытаний, в 2024 году ИС ЦЗ будет введена в эксплуатацию и предоставлен доступ к ней потребителям.

**Взаимодействие информационных систем Госкорпорации "Роскосмос" с федеральными, региональными и ведомственными информационными системами.**

В 2022-2023 годах Госкорпорацией "Роскосмос" проведен ряд мероприятий по интеграции информационных систем ДЗЗ Госкорпорации "Роскосмос" с системами потребителей различного уровня.

Госкорпорацией "Роскосмос" уже проведена интеграция с Государственной информационной системой "Типовое облачное решение по осуществлению контрольно-надзорной деятельности", информационной системой МЧС России, геоинформационной системой по контролю за лесопользованием Рослесхоза, Государственной автоматизированной системой "Управление" Казначейства России и др.

В рамках указанного взаимодействия в 2022-2023 года передан существенный массив как стандартных, так и тематических продуктов ДЗЗ, которые используются в интересах прикладных задач соответствующих информационных систем.

Также в рамках соглашения об информационном взаимодействии федеральной государственной информационной системы "Единая цифровая платформа "Национальная система пространственных данных" (далее – ФГИС ЕЦП НСПД) и федерального фонда данных ДЗЗ (далее – ФФД ДЗЗ) Госкорпорацией "Роскосмос" совместно с Росреестром выполнена интеграция ФГИС ЕЦП НСПД и ФФД ДЗЗ посредством API.

Данные и продукты ДЗЗ переданные Госкорпорацией "Роскосмос" по API формируют один из основных информационных слоев в ФГИС ЕЦП НСПД, который в связке с пространственными данными позволяет получить всеобъемлющую информацию о территории.

В 2022 году ИС ЦЗ было сформировано 22 тематических отчета по 4 городским округам и 18 муниципальным районам, участвующим в эксперименте по созданию системы, для их загрузки в ГИС ЕЦП НСПД.

Вместе с этим, в 2022-2023 годах Госкорпорация "Роскосмос" активно подключает региональные информационные системы к ИС ЦЗ, федеральному фонду данных ДЗЗ и ББП.

Полученный опыт Госкорпорации "Роскосмос" и федеральных и региональных органов исполнительной власти Российской Федерации при интеграции систем показал, что объединение информационных ресурсов открывает новые возможности.

Автоматизация процесса взаимодействия федеральных, ведомственных и региональных информационных систем позволяет не только существенно повысить оперативность доведения данных, продуктов и сервисов ДЗЗ, предоставляемых Госкорпорацией "Роскосмос", но и получать новые информационные продукты в автоматизированном режиме, необходимые для решения задач потребителей.

Так ряд сервисов ИС ЦЗ уже успешно функционирует в государственных информационных системах, направленных на обеспечение контрольно-надзорной деятельности в различных областях экономики Российской Федерации.

Вместе с этим, создание цифровой экономики на всей территории Российской Федерации возможно только с использованием данных, продуктов, сервисов и услуг ДЗЗ, при всесторонней заинтересованности как федеральных, так и региональных органов государственной власти Российской Федерации.

Для решения указанной задачи Госкорпорация "Роскосмос" до конца 2025 года планирует подключить по API все государственные, ведомственные и региональные информационные системы в Российской Федерации, которые работают с данными и продуктами ДЗЗ из космоса, к информационным системам ДЗЗ Госкорпорации "Роскосмос".