

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.197.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТА СОЛНЕЧНО-ЗЕМНОЙ ФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15 июня 2023 г. № 8

О присуждении Ясюкевичу Юрию Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Развитие диагностических возможностей приемников сигналов глобальных навигационных спутниковых систем для мониторинга состояния ионосферы и коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических системах» по специальности 1.3.4. радиофизика принята к защите 6 марта 2023 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.1.197.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 126А, а/я 291, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 91нк от 26 января 2023 г.

Соискатель Ясюкевич Юрий Владимирович, 22 апреля 1984 года рождения, защитил диссертацию «Исследование фазовых и поляризационных характеристик радиосигнала при трансionoсферном распространении по данным GPS, спутниковых высотометров и ионосферного моделирования» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика 2 июня 2009 г. в диссертационном совете Д 003.034.01, созданном на базе Учреждения Российской академии наук Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук. В настоящее время Ясюкевич Ю.В. работает в должности ведущего научного сотрудника в Лаборатории развития новых методов радиофизической диагностики атмосферы в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Института солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЗФ СО РАН).

Диссертация выполнена в Лаборатории развития новых методов радиофизической диагностики атмосферы в Федеральном государственном

бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный консультант – Перевалова Наталья Петровна, доктор физико-математических наук, ИСЗФ СО РАН, Лаборатория развития новых методов радиофизической диагностики атмосферы, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Крашенинников Игорь Васильевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, лаборатория моделирования волновых полей в ионосфере, и.о. зав. лабораторией;

2. Крюковский Андрей Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, Российский новый университет (РосНОУ), кафедра Информационных технологий и естественнонаучных дисциплин, зав. кафедрой;

3. Мальцева Ольга Алексеевна, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Южный федеральный университет, отдел радиофизики и космических исследований, ведущий научный сотрудник
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (КФУ, г. Казань) в своем положительном отзыве, подготовленном заведующим кафедрой радиофизики, доктором физико-математических наук Шерстюковым Олегом Николаевичем и утвержденном Первым проректором – проректором по научной деятельности КФУ, доктором физико-математических наук, профессором Дмитрием Альбертовичем Таюрским, указала, что диссертация представляет собой законченное исследование, посвященное решению крупной научной проблемы в области радиофизики, в которой соискателем получены значимые результаты в части решения прикладных задач обеспечения ионосферной информацией средств навигации, радиолокации и связи, а также фундаментальных задач изучения динамики ионосферы и процессов ее взаимодействия с другими геосферами.

В отзыве содержатся следующие замечания:

1) Обзор недостаточно структурирован в части причин возникновения неопределённости в оценке ДКЗ (дифференциальных кодовых задержек) и

их дрейфов (аппаратные недочеты, природные обстановки около приемной антенны или особенности распространения УКВ-волн); также недостаточно раскрыт вопрос измерения распространения тестового сигнала по каждому частотному каналу на метрологической аппаратуре.

2) По всей работе используется сленговое выражение «плотность сбоев ПЭС», по всей видимости, это сокращенная форма от «плотность вероятности сбоев ПЭС».

3) Область искусственного интеллекта является одной из самых быстроразвивающихся на данный момент, тем не менее, в работе не упомянуты статьи, вышедшие позднее 2014 года, в которых изложены самые продвинутые методы машинного и глубокого обучений. Задачи предсказания данных на данный момент решаются как с помощью машинных методов обучения, рассмотренных автором, так и с помощью рекуррентных нейронных сетей, например, Long short-term memory (LSTM). Точности работы этих методов зачастую показывают схожий результат, тем не менее, LSTM позволили бы подавать на вход временной ряд параметров различной длины, что стало бы плюсом при использовании единичных приемных станций для оперативного прогноза. Также полезно было упомянуть работу [Cesaroni C, Spogli L, Aragon-Angel A, Fiocca M, Dear V, et al. 2020. Neural network based model for global Total Electron Content forecasting. *J. Space Weather Space Clim.* 10, 11, <https://doi.org/10.1051/swsc/2020013>.], так как в работе описывается схожий инструмент предсказания абсолютных значений ПЭС на основе данных GIM.

4) Как указано в работе, что из-за недостаточной точности метода указано на невозможность учета слоев E, Es и D. Стоило бы указать ещё и слой F1, немало важный для летней среднеширотной ионосферы.

5) На стр. 99 не понятно описана причина использования методики автора работы в Мексике для определения ПЭС: «что в сети, используемой для расчета GIM, практически отсутствуют приемники ГНСС в Мексике. В то же время, там существует сеть станций, которая позволяет проводить ГНСС-мониторинг.» Как связаны словесные конструкции «отсутствуют приемники ГНСС» и «существует сеть станций»?

6) Недостаточно точно указана трактовка эффекта супер-фонтана, данная в работе Tsurutani et al., 2004. Там эффект определяется по максимальному продвижению полюсной границы экваториальной аномалии в направлении полюса (до $\sim 50^\circ\text{N/S}$), а не в значениях ПЭС в гребнях (как указано на стр. 188).

7) В разделе 4.5 при описании вспышки радиоизлучения X3.8 (стр. 196-198) используется сленговые выражения «профиль», которые, видимо, являются сокращениями от «временной профиль» (временная динамика), но это нигде не указано.

8) На рисунках 5.10 и 5.13 месяц июнь ошибочно обозначен цифрой как 07.

9) На стр. 224 упоминается минимум Dst, графиков которого нет нигде, а на всех рисунках представлен только индекс симметричного кольцевого тока (SYM-H).

10) При разборе эволюции аппаратуры нигде не указан порядок появления GPS блоков, хотя они перечислены в Таблице 5.2 (стр. 234). Никак не объяснена причина появления в работе частоты L5.

Отмечено, что высказанные замечания не затрагивают основных результатов и выводов диссертации и не снижают общего положительного впечатления от работы. Результаты диссертации могут использоваться для создания единой системы мониторинга ионосферы Земли на территории Российской Федерации и повышения качества работы отечественной системы ГЛОНАСС.

Соискатель имеет 385 публикаций, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 статей, включенных в список ВАК или приравненных им (в том числе 6 работ в журналах, входящих в первый (Q1) квартиль), 2 монографии, 1 главу в коллективной монографии, 8 иных публикаций; имеются 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

В публикациях по теме диссертации представлено детальное описание разработанных методов для оценки полного электронного содержания (ПЭС) на основе данных отдельной станции глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и оперативного прогноза ПЭС, рассмотрены методологические вопросы измерения ПЭС, приведены экспериментальные результаты оценки устойчивости ГНСС-измерений. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах, вида, авторского вклада и объема научных изданий.

К наиболее важным работам, в которые автор внес преобладающий вклад, следует отнести:

1. **Yasyukevich, Y.V.** How modernized and strengthened GPS signals enhance the system performance during solar radio bursts / Yu.V. Yasyukevich, A.S. Yasyukevich, E.I. Astafyeva // GPS Solutions. – 2021. V. 25. – 46.

2. **Yasyukevich, Y.** GNSS-Based Non-Negative Absolute Ionosphere Total Electron Content, its Spatial Gradients, Time Derivatives and Differential Code Biases: Bounded-Variable Least-Squares and Taylor Series / Y. Yasyukevich, A. Mylnikova, A. Vesnin // Sensors. – 2020. – V. 20, N 19. – 5702.

3. **Yasyukevich, Y.** The 6 September 2017 X-class solar flares and their impacts on the ionosphere, GNSS, and HF radio wave propagation / Y.

Yasyukevich, E. Astafyeva, A. Padokhin, V. Ivanova, S. Syrovatskii, A. Podlesnyi // *Space Weather*. – 2018. – V. 16. – P. 1013–1027.

4. Zhukov, A. Machine learning methodology for ionosphere total electron content nowcasting / A. Zhukov, D. Sidorov, A. Mylnikova, **Y. Yasyukevich** // *International Journal of Artificial Intelligence*. – 2018a. – V. 16, N 1. – P. 144–157.

5. **Yasyukevich, Y.V.** MITIGATOR: GNSS-based system for remote sensing of ionospheric absolute total electron content / Y. V. Yasyukevich, A. M. Vesnin, A. V. Kiselev, A. A. Mylnikova, A. V. Oinats, V. A. Ivanova, V. V. Demyanov // *Universe*. – 2022. – V. 8, N 2. – 98.

6. **Ясюкевич, Ю. В.** Глобальные навигационные спутниковые системы как средство коррекции ионосферной ошибки радиотехнических средств: проблемы и перспективы / Ю. В. Ясюкевич, А. М. Веснин, В. И. Куркин // *Известия высших учебных заведений. Радиофизика*. – 2020. – Т. 63, № 3. – С. 195-209.

7. **Ясюкевич, Ю. В.** Определение абсолютного полного электронного содержания по одночастотным спутниковым радионавигационным данным GPS/ГЛОНАСС / Ю. В. Ясюкевич, А. А. Мыльникова, В. Б. Иванов // *Солнечно-земная физика*. – 2017. – Т. 3, № 1. – С. 97–103. – DOI:10.12737/23509.

8. **Ясюкевич, Ю. В.** Влияние дифференциальных кодовых задержек GPS/ГЛОНАСС на точность определения абсолютного полного электронного содержания ионосферы / Ю. В. Ясюкевич, А. А. Мыльникова, В. Е. Куницын, А. М. Падохин // *Геомагнетизм и аэрономия*. – 2015. – Т. 55, № 6. – С. 790–796.

9. Afraimovich, E. L. New field of application of the IRI modeling – Determination of ionosphere transfer characteristic for radio astronomical signals / E. L. Afraimovich, **Yu. V. Yasukevich** // *Advances in Space Research*. – 2009. – V. 43. – P. 1652–1659.

На диссертацию и автореферат **поступили отзывы:**

1. Отзыв на автореферат, подписанный к.ф.-м.н. Алексеем Евгеньевичем Васильевым, ведущим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова», Отзыв положительный, содержит рекомендацию:

Имеется рекомендация в дальнейших исследованиях изучить стабильность результатов в зависимости от интервала предполагаемого постоянства ДКЗ. Международная практика использует требование постоянства искомым ДКЗ на интервалах суток, но внутрисуточная изменчивость ДКЗ фактически исследована мало за неимением подходящих оперативных методов расчёта.

2. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н. Горбуновым Михаилом Евгеньевичем, заведующим лабораторией турбулентности и распространения радиоволн Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук. Отзыв положительный, содержит замечания:

1. В работе следовало бы упомянуть об активно используемом в настоящее время радиозатменном методе зондирования ионосферы, отличающемся глобальным покрытием.
2. Говоря о преобразовании наклонного ПЭС в вертикальное следовало бы упомянуть о неизбежной погрешности данного преобразования, связанной с горизонтальной неоднородностью ионосферы, и дать оценку влияния данной погрешности на конечный результат.

3. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н. Владимиром Ивановичем Кафтаном, главным научным сотрудником Лаборатории геодинамики ФГБУН «Геофизический центр РАН». Отзыв положительный, содержит замечания:

1. Графики (например, Рис. 4) и цифры сопоставления разработанного автором метода с существующими, не четко демонстрируют его преимущества. Отсутствует явная демонстрация более высокой точности авторского метода.
2. В таблице 1 представлены средние квадратические и «абсолютные» ошибки различных моделей. При этом непонятно, что это за модели, и какая среди них авторская.
3. В автореферате, к сожалению, отсутствует информация о функционировании отечественной системы регионального мониторинга состояния ионосферы Института прикладной геофизики Росгидромета в составе единого комплекса контроля космической погоды. К сожалению, в автореферате отсутствуют сравнительные оценки разработок диссертанта с данными и решениями этой функционирующей системы.

4. В автореферате, к сожалению, отсутствует информация о недавно открытом явлении ионосферной сцинтилляции и о возможностях ослабления/устранения ее влияния на результаты ГНСС-измерений и на распространение радиоволн.

4. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н., профессором Нагорским Петром Михайловичем, главным научным сотрудником лаборатории физики климатических систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. Отзыв положительный, содержит следующее замечание:

1. Третье защищаемое положение представляется не вполне удачно сформулированным, поскольку в нём не указаны характеристики новой системы дистанционного мониторинга ПЭС и его производных ни по времени, ни по пространству.

5. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н., профессором Натальей Владимировной Рябовой, заведующей кафедрой радиотехники и связи Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «ПГТУ»). Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. В автореферате не приведено убедительного подтверждения вывода о лучшем согласии оценок наклонного ПЭС (рис. 5), полученных предложенным автором методом и принятым к использованию методом CODE.
2. Рисунки 12 и 14 практически не читаемы.
3. На мой взгляд в автореферате введено большое количество сокращений и аббревиатур, что затрудняет восприятие текста.

6. Отзыв на автореферат сотрудников Военного учебно-научного центра военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), подписанный д.ф.-м.н., профессором Николаем Александровичем Усом, профессором кафедры автоматизации управления летательными аппаратами (и вычислительных систем) ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж), и д.ф.-м.н., доцентом Сергеем Николаевичем Разиньковым, профессором кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем) ВУНЦ ВВС «ВАА» (г. Воронеж), утверждённый заместителем начальника ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) по

учебной и научной работе к.воен.н. В.Г. Казаковым. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. В автореферате в явном виде не определены предмет, ограничения и допущения, использованные при проведении диссертационного исследования; не указано, что диссертация представляется как научно- квалификационная работа, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых квалифицируется как научное достижение.
2. При обосновании актуальности темы диссертации не представлены противоречия в практике создания устройств коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических системах и теории исследования диагностических возможностей приемников глобальных навигационных спутниковых систем для мониторинга состояния ионосферы. Отсутствуют количественные оценки несоответствия показателей, характеризующих эффективность определения параметров радиоканалов КВ-диапазона, с применением современных методов мониторинга ионосферы требованиям, предъявляемым при реализации процедур коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических средствах. Для подтверждения факта достижения цели исследования необходимо привести численные значения характеристик радиоканалов и коррекции ионосферной ошибки, улучшение которых позволило удовлетворить предъявляемым требованиям.
3. В ряде случаев отсутствует однозначное соответствие между формулировками задач исследования, научными положениями, выдвигаемыми для публичной защиты, и авторскими оценками научной новизны результатов. Положения, выдвигаемые для защиты желательно сформулировать в виде утверждений. Авторские оценки научной новизны результатов требуется уточнить путем более детального изложения оригинальных методических приемов, разработанных и примененных автором, не ограничиваясь констатацией фактов получения результатов.
4. Не представляется целесообразным определять вопросы анализа «возможностей применения приемников глобальных навигационных спутниковых систем для получения абсолютных ионосферных параметров» и проведения «экспериментов по

использованию данных абсолютного ПЭС для коррекции ...ионосферных моделей» в качестве самостоятельных основных задач диссертационного исследования.

5. Не обоснованы технические требования к глобальным навигационным спутниковым системам, необходимые для внедрения разработанных автором методик получения абсолютного ПЭС, что не позволяет сделать вывод о реализуемости результатов диссертационного исследования на базе отечественной системы ГЛОНАСС. Условия проведения экспериментальных исследований, как правило, представлены схематично, без описания характеристик измерительной аппаратуры, процедур выполнения и способов обработки результатов измерений. Данное обстоятельство также несколько затрудняет интерпретацию полученных результатов.
7. В автореферате отсутствуют сведения о периодичности (частоте) возникновения отрицательных значений при оценке ПЭС, а также возможностях определения откликов абсолютных ионосферных характеристик на геомагнитные бури с использованием глобальных ионосферных карт.

7. Отзыв на автореферат, подписанный к.т.н., доцентом, Николаем Владимировичем Шестаковым профессором отделения департамента мониторинга и освоения георесурсов Политехнического института (Школы) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет». Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. На стр. 6 автореферата в п. 5 написано: «Выявлено повышение в условиях экстремальных явлений в околоземном космическом пространстве стабильности измерений ГНСС и модернизации спутниковой группировки». Непонятно что имеется в виду автором? О какой модернизации идет речь? Просьба разъяснить данный пункт.
2. На стр. 13 автореферата в п. 2 сказано, что «дифференциальные кодовые задержки не меняются в течение некоторого достаточно длительного времени, а неоднозначность измерения фазы достаточно долго не меняется при наблюдении спутника». Какова оценка этого «достаточно длительного времени»?
3. Стр. 26 автореферата, рис. 14, панели а и б. Правильно ли понимать согласно этим графикам, что плотность сбоев для системы ГЛОНАСС на частоте L1 значительно выше аналогичных

показателей для системы GPS, судя по значениям, указанным на оси ординат панелей?

8. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н., профессором, заслуженным деятелем науки Российской Федерации Георгием Георгиевичем Щукиным, профессором кафедры технологий и средств геофизического обеспечения Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского" Министерства обороны Российской Федерации. Отзыв положительный, содержит следующие замечания:

1. Предложенный метод расчета ДКЗ устраняет отрицательные значения ПЭС, однако критерий нахождения минимумов рядов ПЭС в «области значений вертикального ПЭС» расплывчат и нуждается в числовом уточнении границ этой области. Так, рис. 5а показывает положение минимумов рядов наклонного ПЭС, ниже абсолютного значения (16-22ч).
2. Показанное расхождение с картами Madrigal достигает крайне высоких значений (>30 TECU), сопоставимых с дневными значениями ПЭС, и требует пояснения.

9. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н. Натальей Владимировной Бахметьевой, ведущим научным сотрудником Научно-исследовательского радиофизического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского». Отзыв положительный, без замечаний.

10. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н., профессором Маратом Гаруновичем Дёминовым, главным научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН). Отзыв положительный, без замечаний.

11. Отзыв на автореферат, подписанный д.ф.-м.н., лауреатом премии Правительства РФ в области науки и техники Сергеем Николаевичем Куличковым, директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук. Отзыв положительный, без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются известными и авторитетными учеными в области радиофизики, распространения радиоволн, развития методов радиофизической диагностики и моделирования ионосферы Земли, и выполняли работы, близкие к проблеме исследования, а ведущая организация является одним из ведущих мировых и отечественных научных центров, проводящих комплексные исследования в области радиофизики, непосредственно связанные с темой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан** метод получения абсолютного наклонного и вертикального полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы, а также пространственных и временных производных вертикального ПЭС на основе данных одного приемника сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), позволяющий устранить отрицательные величины ПЭС как в одночастотном, так и в двухчастотном режимах измерений;

- **предложено** использование алгоритмов машинного обучения для оперативного прогноза регионального абсолютного вертикального ПЭС;

- **доказано** повышение стабильности измерений ГНСС в неблагоприятных гелиогеофизических условиях, вследствие совершенствования оборудования ГНСС, что позволяет использовать эти измерения для регулярной диагностики среды и коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических системах, использующих ионосферный радиоканал.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **применительно к проблематике диссертации результативно использован** математический аппарат и экспериментальные методики мониторинга ионосферы;

- **изложены** тенденции развития глобальных навигационных спутниковых систем;

- **раскрыты** проблемы мониторинга ионосферы с использованием данных отдельных станций ГНСС;

- **изучены** возможности применения абсолютного полного электронного содержания для коррекции ионосферных ошибок радиотехнических систем;

- **изложены** идеи по преодолению существующих проблем определения абсолютного полного электронного содержания.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **внедрен** на оборудовании сети SibNet ИСЗФ СО РАН разработанный метод получения абсолютного наклонного и вертикального ПЭС ионосферы, а также пространственных и временных производных вертикального ПЭС;
- **разработан** метод оперативного прогноза регионального вертикального ПЭС на методов машинного обучения с привлечением индексов солнечной и геомагнитной активности, а также измерения ПЭС и его производной по времени на отдельном ГНСС-приемнике;
- **представлены** экспериментальные наблюдения и численные расчеты коррекции ионосферной ошибки в радиотехнических системах;
- **определены** ключевые достоинства и недостатки использования отдельных приемников ГНСС для задач коррекции ионосферной ошибки радиотехнических систем;
- **определены** тренды в прогрессе измерений радиофизических параметров навигационных сигналов в условиях экстремальных явлений в околоземном космическом пространстве.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **установлено** хорошее качественное и количественное согласие получаемых данных ПЭС с данными других методов, в том числе в независимых экспериментах, проведенных другими исследователями с использованием разработанных в диссертации методов;
- **использованы** современные методики интеллектуального анализа данных;
- **использованы** представительные наборы экспериментальных данных для тестирования, охватывающие различные уровни солнечной и геомагнитной активности;
- **для экспериментальных работ** показана воспроизводимость результатов в различных условиях и на различном оборудовании.

Личный вклад соискателя заключается в постановке цели и формулировке задач диссертационной работы, разработке методов решения поставленных задач, анализе и интерпретации полученных данных, проработке методологических вопросов, подготовке публикаций и апробации полученных результатов. Лично автором разработан новый метод оценки абсолютных ионосферных параметров по одночастотным и двухчастотным измерениям глобальных навигационных спутниковых систем; проанализированы возможности использования данных ГНСС для коррекции

радиотехнических систем; проведена обработка экспериментального материала и анализ устойчивости ГНСС-измерений во время гелиогеофизических возмущений.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Ясюкевич Ю.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, пояснив используемые в работе методы, а также согласился с рядом замечаний.

На заседании 15 июня 2023 г. диссертационный совет принял решение: за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, присудить Ясюкевичу Ю.В. ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человека, в том числе 6 докторов наук по специальности 1.3.4. Радиофизика, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 22 человека, против – 1 человек, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета 24.1.197.01,
академик РАН



Жеребцов
Гелий Александрович

И.о. ученого секретаря
диссертационного совета 24.1.197.01,
доктор физико-математических наук

Тащилин
Анатолий Васильевич

15 июня 2023 г.