

ОТЗЫВ

официального оппонента Виноградова Юрия Анатольевича
на диссертационную работу Найли Абдулловны Сычевой
«Очаговые параметры землетрясений и сейсмотектонические деформации
Северного Тянь-Шаня», представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9 — «Геофизика».

Актуальность избранной темы

Корректная оценка уровня сейсмической опасности в сейсмически активном регионе задача крайне непростая и очень ответственная. Диссертационную работу Найли Абдулловны Сычевой посвящена исследованию очаговых параметров землетрясений Северного Тянь-Шаня — зоны с очень высоким уровнем сейсмичности. В работе выполнен расчет механизмов очагов землетрясений и тензоров сейсмического момента, динамических параметров землетрясений, характеристик добротности среды, а также сейсмотектонических деформаций земной коры и др. На основе этих параметров производится оценка возможных природно-техногенных рисков, уточняются карты сейсмического районирования региона. Данные о направлениях осей сжатия и растяжения в сейсмических волнах могут существенно уточнить оценку пиковых ускорений и скоростей при вероятных землетрясениях в исследуемом регионе, что наглядно показало Камчатское мегаземлетрясение 2025 года. Кроме чисто прикладного значения эти исследования имеют и важное научное значение, как в части решения теоретических задач геотектоники, так и для расширения представлений о природе и причинах сейсмичности, разработке методов прогнозирования землетрясений.

Анализ содержания работы

Диссертационная работа состоит введения, шести глав, заключения и списка литературы из 385 наименований. Работа изложена на 269 страницах машинописного текста и содержит 125 рисунков и 38 таблиц и представляет собой целостное, завершенное исследование на заданную тему.

Во введении, как это обычно принято, сформулирована проблема, вызвавшая написание данной работы, дается описание актуальности и новизны, выбранной для защиты темы, определены объект и предмет исследования, формулируются основные научные положения, выносимые на защиту; обосновывается практическая значимость работы, приводятся сведения о ее апробации и личном вкладе автора, а также высказываются благодарности коллегам, способствовавшим появлению данной работы. Цель и задачи исследования сформулированы точно и соответствует теме исследования. Защищаемые положения, сформулированные во введении, отражают содержание основных результатов работы и их доказательство приводится в дальнейшем в главах 3 - 6 диссертационной работы.

В первой главе приводится детальное описание сейсмического процесса в Тянь-Шаньском регионе с опорой на его геолого-тектоническое строение. Автором проведен подробный анализ работ различных авторов, изучавших сейсмические процессы в данном высокосейсмичном регионе. Особое внимание уделено описанию Бишкекского геодинамического полигона, расположенного в Северном Тянь-Шане, и являющимся основным объектом исследования. Приводится модель верхней части земной коры в пределах исследуемого полигона, которая представляется в виде системы блоков, возникшей на разных этапах геологического развития. Отмечено, что Северо-Тянь-Шаньская зона активных разломов является одной из наиболее сейсмоактивных зон, в которой частично реализовалось сокращение земной коры Тянь-Шаня и продолжаются геодинамические и сейсмические процессы.

Здесь же приведен обзор основных методов выделения очаговых параметров землетрясений. Рассмотрены 2 метода расчета механизма очага – по полярности первого вступления и метод волновой инверсии, и 2 метода реконструкции деформаций и напряжений по сейсмическим данным – метод сеймотектонической деформации (СТД) и метод катакластического анализа разрывных нарушений (МКА).

Отдельный раздел посвящен обзору методов оценки сейсмической добротности – по анализу кода-волн на одной станции; по анализу спектральных отношений Р- или S-волн двух станций; по томографической инверсии на основе нескольких станций. Построение моделей добротности позволяют выделять зоны наибольшего поглощения, в которых происходит подготовка сильного землетрясения. Отмечено, что исследование изменения поля поглощения среды во времени дает возможность оценить изменение геодинамического режима.

Вторая глава целиком посвящена описанию сейсмологической сети KNET – основной экспериментальной установки, послужившей источником данных, используемых в работе. В связи с этим все четыре раздела главы содержат описание различных аспектов работы этой сети и качества полученных данных. В главе рассмотрены краткая история развития сети, приведены оценки сейсмического шума на каждой станции, детально описаны программы, используемые при локализации землетрясений и каталог землетрясений. На основании данного каталога проведен анализ сейсмичности. Отмечено, что значительная часть землетрясений происходит в сейсмогенерирующем слое 5–15 км. Отдельное внимание уделено выбору оптимальной скоростной модели для исследуемой территории. Автором было проанализировано 4 наиболее известных скоростных модели литосферы Центрального Тянь-Шаня, различающиеся по количеству горизонтальных слоев, глубинам границ раздела, значениям скоростей Р- и S-волн в каждом слое. Исследования показали, что наиболее предпочтительной является модель Стива Реккера, которая и была использована для расчета параметров гипоцентров. За период с 1994 по 2020 гг. обработано 10604 землетрясений, получено 130.265 времен прихода Р- и S-волн: Такой обширный материал позволяет перейти к проведению статистического анализа сейсмичности и решению различных сейсмологических задач: расчет спектра сейсмических волн,

сейсмическая томография, поле затухания, добротность. Для каталога землетрясений по данным сети KNET представительными являются события, начиная с $K \geq 7.2$ ($M \geq 1.8$). Для каталога, ограниченного координатами Бишкекского геодинамического полигона, представительными являются землетрясения с $K \geq 6.7$ ($M \geq 1.5$). На мой взгляд – это одна из основных глав диссертации, показывающая какой обширный и качественный экспериментальный материал использовал автор для анализа. Особо хочется отметить, что в обработке «сырых» данных автор принимал участие лично.

Третья глава посвящена экспериментальному определению ключевых параметров среды, которые будут использованы в дальнейшем для решения обратной задачи — перехода от записанных сейсмических сигналов к параметрам самого источника землетрясения. Автор описывает 2 независимых метода, которые он использовал - оценка добротности (Q) по кода-волнам и сейсмическая томография. Оба метода широко применяются в сейсмологии.

1. Оценка добротности (Q) по кода-волнам: на основе модели однократного рассеяния для участков сейсмической коды на разных частотах (0.75-24 Гц) и различной длительности (5–50 с) получены частотные зависимости добротности ' $Q(f) = Q_0 * f^n$ '. Исследованы слои земной коры и верхней мантии до глубины ~109 км. Построена зависимость коэффициента затухания сейсмических волн δ (определенного на частоте 1 Гц) от глубины. Установлено, что поглощающие свойства среды меняются по экспоненциальному закону до глубины 80 км (граница Мохо), после чего свойства среды стабилизируются.

2. Томографическая инверсия затухания: методом построены трехмерные модели затухания P- и S-волн для верхней части коры (до 15 км). Выявлены области с высоким затуханием, геоморфологически совпадающие с горными хребтами, и области с низким затуханием, совпадающие со впадинами рельефа.

Третий раздел данной главы посвящен определению станционных поправок (site-effect) сейсмических станций сети KNET. Показано, что с использованием метода отношения спектров горизонтальной и вертикальной компонент (H/V) по записям землетрясений и сейсмического шума были определены поправки для каждой станции сети KNET, которые не создают значительных резонансных искажений сигнала в диапазоне частот 0.2–20 Гц. Это свидетельствует о том, что станции установлены качественно, на скальных породах. *На мой взгляд данный раздел более правильно было поместить в главе 2, где детально описывается сеть KNET.*

В четвертой главе рассмотрены вопросы определения и анализа кинематики очагов (направления и типа подвижки). Автор использует два независимых, но взаимодополняющих метода, что позволяет получить надежные данные для широкого диапазона магнитуд.

1. Методом полярности первых вступлений P-волн для 1.770 землетрясений (!!!) Северного Тянь-Шаня автором были рассчитаны фокальные механизмы. Хочется особо отметить, что это просто титаническая работа, в результате которой получен крупнейший для

этого региона банк данных фокальных механизмов, к которому можно применять методы статистической обработки. Статистический анализ, проведенный автором, показал, что основную часть составляют слабые события ($M = 1.5-2.25$), произошедшие на глубине 5–15 км, а преобладающими типами подвижек являются взбросы, взбросо-сдвиги (в сумме ~40%) и горизонтальные сдвиги (~36%). Оси сжатия (P) имеют устойчивое северо-северо-западное направление, отражая общее субмеридиональное сжатие региона. Выявлена характерная особенность - изменение направления осей сжатия с глубиной (в диапазоне 0-20 км). Отмечается, что оно меняется от северо-северо-западного к северному. Данные результаты, хорошо согласуются с выводами, сделанными другими исследователями на основе полевых тектонофизических исследований в 2009–2018 гг.

2. Методом волновой инверсии по широкополосным сейсмограммам 334 наиболее сильных землетрясений ($K \geq 10.5$) Центрального и Северного Тянь-Шаня были определены тензоры сейсмического момента. Этот метод позволяет получить более детальную информацию об объемном характере источника. Сравнение решений, полученных двумя методами, показало их хорошее согласование, что подтверждает достоверность результатов для событий, где оба метода применимы.

В пятой главе автор переводит анализ от кинематики к физике очага землетрясения, фокусируясь на энергетике и масштабе источника. Это глава имеет важное прикладное значение, так как именно динамические параметры землетрясений важны для оценки сейсмической опасности. Оценочный расчет динамических параметров очагов землетрясений (радиус очага, скалярный сейсмический момент, сброшенное касательное напряжение) проводился с использованием классических подходов, описанных в работах К. Аки, П. Ричардса и Ю.В. Ризниченко. На основе очаговых спектров рассчитаны динамические параметры для 187 землетрясений, произошедших на территории Северного Тянь-Шаня с магнитудами от 2.7 до 6.0, по двум моделям – модели Брюна и Мадариаги-Конекко-Ширера. По распределению динамических параметров в зависимости от магнитуды и скалярного сейсмического момента получено уравнение регрессии и рассчитаны коэффициенты корреляции динамических параметров и скалярного сейсмического момента. Полученное уравнение регрессии $\lg M_0 = 1.14M + 9.4$, уточняет известное выражение $\lg M_0 = 1.6M + 8.4$, выведенное Ю.В. Ризниченко.

Проанализировав площадное распределение сброшенных напряжений на исследуемой территории, автор выделил зоны с наибольшим его значением в юго-восточной части Киргизского хребта, а также в юго-восточной части Кочкорской впадины. В целом, повышенный уровень сброса напряжений проявлен в областях, характеризующихся режимом деформации одноосного сжатия и преобладанием одноосного сжатия. Это утверждение подтверждается сопоставлением этих зон с распределением сеймотектонических деформаций и параметра Лоде-Надаи. Ключевым результатом данной главы является вывод о том, что зависимость сброшенных напряжений от сейсмического момента описывается степенной функцией $\Delta\sigma = 1.75 \cdot 10^{-6} \cdot M_0^{0.42} \cdot c$

показателем порядка 0.4, что указывает на отсутствие подобия очагов событий разных энергетических масштабов. Это является сильным аргументом против гипотезы о подобии очагов (самоподобия) для землетрясений Северного Тянь-Шаня в данном магнитудном диапазоне.

Глава 6 является синтезом всей предыдущей работы. В ней кинематические и динамические параметры используются для реконструкции напряженно-деформированного состояния коры Северного Тянь-Шаня, что является главной целью диссертации. Используя методы сеймотектонических деформаций и катакластического анализа, опираясь на каталог из 1770 фокальных механизмов, автором рассчитаны тензоры приращений деформаций, построены карты режимов деформаций (сжатие, сдвиг, растяжение), их интенсивности, а также проведена реконструкция поля напряжений на разных глубинах. Для расчета некоторых параметров применялись программы, разработанные автором лично и имеющие правовую защиту. Показано, что для горных хребтов характерен режим горизонтального сжатия, а для внутригорных впадин — горизонтального сдвига или растяжения.

Для того чтобы получить представление о деформации земной коры в целом автор использует коэффициент Лоде – Надаи, описывающий характер деформирования в терминах теории упругости. Построено распределение коэффициента Лоде – Надаи как для всего исследуемого слоя, так и для глубин 5, 10, 15 и 20 км. На основе полученных данных, автором делается несколько важных выводов:

- количество доменов с режимом одноосного сжатия и преобладанием одноосного сжатия возрастает с глубиной;

- на глубине до 10 км в западной части Киргизского хребта хорошо выделяется зона с режимом одноосного растяжения и преобладания одноосного растяжения;

- с глубины 10 км наблюдается смена режима в этих областях на чистый сдвиг.

Для верификации полученных моделей автором проведено их сравнение с данными спутниковой геодезии (ГНСС), для чего использовался каталог скоростей 90 пунктов наблюдений ГНСС-сети. Установлена хорошая сопоставимость данных на большей части территории. Исключение составляет центральная область исследуемой территории (Джумгал-Тоо), где фиксируются пониженные значения скорости приповерхностной дилатансии (по ГНСС-данным) и повышенные скорости деформации в расположенном ниже сейсмоактивном горизонте. Выявленные различия в распределении деформации для приповерхностной части и с глубиной (до 5 км) обозначают энергонасыщенный и потенциально опасный объем земной коры с точки зрения проявления сейсмических событий и разрывных нарушений, что может быть использовано как предвестник подготавливающегося землетрясения.

Реконструкция поля напряжений по методу и катакластического анализа проводилась с использованием каталога фокальных механизмов очагов по данным сети KNET за период 1994–2012 гг., который включал 1056 сейсмических событий с магнитудами от 1.16 до 5.40.

Использование такого обширного каталога позволило уточнить результаты предыдущей реконструкции напряжений, выполненные в ИФЗ РАН, и расширить область коры с данными о напряженном состоянии. Реконструкция показала, что оси алгебраически минимального главного напряжения (максимального сжатия) имеют субмеридиональное простирание $330\text{--}360^\circ\text{N}$ и $150\text{--}180^\circ\text{S}$. С увеличением глубины появляется достаточно большое число доменов коры с осью главного напряжения, полого погружающейся на юг. В целом геодинамический тип напряженного состояния горизонтального сжатия в субмеридиональном направлении наблюдается в коре центральной части Северного Тянь-Шаня. Со всех сторон эта зона окружена корой, где имеет место горизонтальный сдвиг и его сочетание со сжатием и растяжением.

В заключении делаются основные выводы по результатам работы, коротко, но емко формулируются основные практические результаты применения результатов работы. Также в заключении коротко рассматриваются перспективы и рекомендации по дальнейшей разработке темы.

Список публикаций автора диссертационной работы отражает основные теоретические и практические результаты исследования, обосновывает основные защищаемые положения. Автореферат диссертации по своему содержанию полностью соответствует основным идеям диссертации.

Обоснованность научных положений, сформулированных в диссертации

Автором сформулированы 5 научных положений, выносимые на защиту — закономерности пространственного распределения сейсмотектонической деформации земной коры Северного Тянь-Шаня; количественная и качественная типизация подвижек в очагах землетрясений слабой и умеренной силы на территории Северного Тянь-Шаня; параметры частотная зависимость добротности коры и верхней мантии Северо-Тянь-Шаньского региона на глубинах (60–100 км); закономерности динамических параметров очагов низко- и среднемагнитудных землетрясений Северного Тянь-Шаня; характеристики напряженного состояния в коре Северного Тянь-Шаня. Работа представляет собой фундаментальное исследование, обладающее рядом бесспорных сильных сторон. Прежде всего это масштаб использования качественных эмпирических данных. Во-вторых — глубина методологической обработки. Автор не просто применяет стандартные методы, а адаптирует и развивает их, комплексируя различные независимые методы и проводя сравнение результатов. В третьих, хочется отметить глубину владения материалом — работа охватывает всю цепочку: от первичной обработки данных сейсмической сети KNET (включая анализ шумов, выбор скоростной модели и локацию гипоцентров) до построения моделей затухания и, наконец, реконструкции напряженно-деформированного состояния. Такой "сквозной" анализ — от сырого сигнала до геодинамической интерпретации — является признаком высокой научной квалификации автора и вызывает доверия к полученным результатам.

Все защищаемые положения обоснованы фактическим материалом и детально описаны - 1 и 2 положение – в главе 4; 3 и 4 положение - в главе 3; 5 положение - в главе 5.

Основные выводы и защищаемые положения представляют собой результаты, которые прошли научное рецензирование и опубликованы в соответствующих научных изданиях, а также многократно представлялись на всероссийских и международных конференциях. Работа выполнялась автором в течении достаточно большого периода времени, с привлечением все более точных моделей, что позволяло последовательно повышать их детальность и точность.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов подтверждается большим объемом фактического материала, полученного автором, а также применением современных методов анализа и обработки данных, принятых в мировом научном сообществе и использованием, с целью верификации получаемых моделей, разных методов определения кинематических и динамических параметров землетрясений, реконструкции напряженно-деформированного состояния коры.

Новизна исследования состоит в составлении и использовании обширной базы данных фокальных механизмов землетрясений, на основе которой, автору удалось существенно уточнить скоростную и геодинамическую модели Северного Тянь-Шаня.

Практическая значимость сформулирована автором в заключении и сводится к следующему:

- полученные данные о напряженном состоянии коры Северного Тянь-Шаня были использованы в работах ИФЗ РАН и ИС РАН в качестве основы для тектонофизического районирования опасных участков активных разломов по степени опасности генерирования сильных землетрясений с магнитудой 7.0. Картирование активных разломов по степени опасности позволяет выделить наиболее опасные участки и в дальнейшем проводить тектонофизический мониторинг изменения напряженного состояния и осуществлять наблюдение за движениями поверхности методами дистанционного зондирования;

- полученные результаты, а также карты с ориентацией главных осей сжатия и растяжения и др. рекомендуется учитывать при всех инженерно-геологических изысканиях на изученной территории в Кыргызстане и Казахстане, а также при построении карт сейсмической опасности, карт детального и микросейсмического районирования;

- совокупность разработанных и успешно примененных алгоритмов и методов обработки сейсмологических данных для сети близком к реальному времени позволяет говорить о создании технологического задела (рабочего места сейсмолога), обеспечивающего значительное сокращение времени на углубленную обработку данных и открывающего возможность применения алгоритмов искусственного интеллекта для интерпретации результатов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

- перспективным направлением прикладных исследований, связанных с темой диссертации, может стать расчет диаграмм направленности излучения поперечных сейсмических волн из очагов, расположенных вблизи крупнейших региональных разломов. Эта информация дополнит данные о пиковых ускорениях, полученных из сейсмограмм ускорений (акселерограмм), используемых при детальном сейсмическом районировании. На этой основе можно ожидать усовершенствования методики детального сейсмического районирования.

- разработанные программы и алгоритмы для обработки больших массивов сейсмологических данных, обеспечивающие эффективное использование ресурсов вычислительной техники, можно рекомендовать для использования (с некоторой адаптацией) при исследованиях других сейсмически опасных регионов России.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации

Работа имеет высокую актуальность для сейсмоопасного региона Северного Тянь-Шаня. Автор убедительно показывает необходимость массового определения очаговых параметров для оценки сейсмической опасности и понимания геодинамических процессов. Практическая значимость подкреплена созданием банков данных, которые могут быть использованы другими исследователями для сейсмического районирования и мониторинга. Объем и качество эмпирических данных не вызывает сомнений и позволяет перейти от описательных моделей к статистически обоснованным количественным закономерностям. Несомненным плюсом является работы комплексный подход автора к анализируемым данным. Использование широкого спектра современных методов - от анализа сейсмического шума и скоростных моделей, до методов сеймотектонических деформаций и катакластического анализа обеспечивает многоуровневую и надежную интерпретацию результатов. Все полученные модели автор подвергает верификации, проводя сравнение результатов расчета, полученных разными подходами (методами) или сравнением данных расчета с результатами, полученными исследователями для других регионов., что подтверждает достоверность полученных выводов.

Вместе с тем, как и любое масштабное исследование, работа содержит ряд дискуссионных моментов.

1. Расчет фокальных механизмов очагов проводился с помощью программы FPFIT. В программе устанавливается параметр OBS, соответствующий числу зарегистрированных фаз. При условии регистрации сейсмического события всеми станциями сети KNET (10 станций) максимальное значение $OBS = 10$. Автором было установлено минимальное значение этого параметра равным 7. Однако обоснований для выбора такого значения не приводится. В связи с этим в каталог могло попасть некоторое количество событий, ниже уровня представительного для данной сети наблюдения ($K \geq 6,7$).

2. В работе расчеты сброшенных напряжений выполнены для двух моделей - Брюна и Мадариаги-Канеко-Ширера. Расхождение между моделями составляет ~2.9 раз. Основные выводы и сравнения с мировыми данными делаются по модели Брюна, при этом физически автор

это никак не обосновывает. Учитывая, значительное расхождение в моделях, это вносит некоторую неопределенность в интерпретацию абсолютных величин.

3. В разделе 2.1.2. приводится детальный анализ сейсмического шума на сейсмических станциях. Отмечается значительное усиление шума в сентябре. Автор связывает это с ветровыми помехами. Однако во многих работах отмечается факт усиления ледниковой активности в осенний период (подвижки, растрескивание). Автор этот фактор не учел в своем анализе.

4. Хочется высказать и несколько технических замечаний редакторского плана:

- в работе отсутствует список сокращений, что затрудняет работу с текстом;
- большое внимание уделяется детальному описанию программного обеспечения и даже характеристикам используемого компьютера (Глава 4.2), что на мой взгляд излишне в докторской диссертации;
- некоторая нелогичность в расстановке разделов. Раздел 3.2. логичней перенести в главу 2, где описывается сеть, а разделы 6.1. и 6.2 разместить перед разделом 5.2, в котором много ссылок на эти разделы.

В целом высказанные замечания не умоляют высокий уровень работы, но, по мнению оппонента, могут способствовать ее лучшему восприятию.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация посвящена исследованию очаговых параметров землетрясений Северного Тянь-Шаня. В работе выполнен расчет механизмов очагов землетрясений, тензоров сейсмического момента, динамических параметров, характеристик добротности среды, а также сейсмотектонических деформаций земной коры. Совокупность разработанных и успешно примененных алгоритмов и методов обработки сейсмологических данных, приводимых в работе, позволяет говорить о создании технологического задела, обеспечивающего значительное сокращение времени на углубленную обработку данных и открывающего возможность применения алгоритмов искусственного интеллекта для интерпретации результатов.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям ВАК к докторским диссертациям.

По п.9: совокупность результатов работы содержит новое и своевременное решения теоретических задач геотектоники, развития представлений о природе и причинах сейсмичности горных областях Тянь-Шаня, характеризующихся, с одной стороны, высоким уровнем сейсмичности, а с другой стороны – высокой для горной местности плотностью населения и промышленных объектов, и вносит важный вклад в решение проблем геоэкологии и безопасности.

По п.10: диссертация подготовлена в виде рукописи, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством и содержит 5 новых научных положений, выдвигаемых для

публичной защиты. По своему содержанию диссертационная работа Найли Абдулловны Сычевой «Очаговые параметры землетрясений и сейсмотектонические деформации Северного Тянь-Шаня» соответствует специальности 1.6.9 — «Геофизика».

По п.11, 13: основные результаты диссертационной работы опубликованы в 39 печатных работах, в том числе 1 монография. По результатам диссертационной работы получены 6 авторских свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

По п.14: в диссертации корректно используются результаты из научных работ, опубликованных соискателем лично, а также работ других авторов.

В целом, выполненная работа является оригинальной, а разработанные методы, математические модели и реализующие их программные комплексы удовлетворяют критериям новизны и существенных отличий. В работе приведены авторские разработки и результаты, имеющие существенное научное и практическое значение. Диссертация соответствует критериям, определенным в разделе II Положения о присуждении ученых степеней в актуальной редакции, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Найли Абдулловна Сычева, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9 — «Геофизика».

Официальный оппонент,

директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Единая Геофизическая служба Российской академии наук»

доктор технических наук, (специальность 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»)

31.08.2026 г. 

Виноградов Юрий Анатольевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Единая Геофизическая служба Российской академии наук»,

249035, г.Обнинск, Калужская область, пр. Ленина, д.189, e-mail: yvin@gsras.ru тел. 8 (484) 393 1441

21 августа 2026 года

Подпись Виноградова Ю.А. заверяю





Начальник отдела кадров Е.С. Леонова.