

# Форма «Т». Титульный лист отчета (итогового отчета) о выполнении проекта

Название проекта: <b>Взаимосвязь тектонических и морфологических характеристик верхнекоровых структур внутриконтинентальных орогенов с глубинным строением, минерагенией и геологическими рисками (на примере Тянь-Шаня).</b>	Номер проекта: <b>16-17-10059</b>	
	Код типа проекта: <b>ОНК</b>	
	Отрасль знания: <b>07</b>	
Фамилия, имя, отчество (при наличии) руководителя проекта: <b>Рыбин Анатолий Кузьмич</b>	Контактные телефон и e-mail руководителя проекта: <b>+74959537054, rybin@gdirc.ru</b>	
Полное и краткое название организации, через которую осуществляется финансирование проекта: <b>федеральное государственное бюджетное учреждение науки Научная станция Российской академии наук в г.Бишкеке</b> <b>Научная станция РАН г. Бишкек</b>		
Объем средств, фактически полученных от РНФ в 2018 г.: <b>6000</b> тыс. руб.	Год начала проекта: <b>2016</b>	Год окончания проекта: <b>2018</b>
Объем финансирования, запрошенный на 2018 год: <b>6000</b> тыс. руб.		
Перечень приложений к отчету	1. Копии публикаций* в соответствии с Формой 2о - 10 шт. на 18 стр. в 1 экз. <i>* К печатному экземпляру отчета прикладываются только копии первой (с указанием авторов) страницы и страницы со ссылкой на поддержку от РНФ.</i>	
<b>Гарантирую, что при подготовке отчета не были нарушены авторские и иные права третьих лиц, и/или имеется согласие правообладателей на представление в РНФ материалов и их использование РНФ для проведения экспертизы и для их обнародования.</b>		
Подпись** руководителя проекта  _____/А.К. Рыбин/		Дата подачи отчета: <b>13.12.2018 г.</b>
Подпись** руководителя организации*** ** Подписи должны быть расшифрованы. *** Либо уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа. В случае подписания формы уполномоченным представителем организации (в т.ч. – руководителем филиала) к печатному экземпляру отчета прилагается копия распорядительного документа или доверенности, заверенная печатью организации.  _____/_____/		Печать (при наличии) организации

Отчет о выполнении проекта  
№ 16-17-10059

«Взаимосвязь тектонических и морфологических характеристик верхнекоровых структур внутриконтинентальных орогенов с глубинным строением, минерагенией и геологическими рисками (на примере Тянь-Шаня).»,  
в 2018 году

**1.1. Заявленный в проекте план работы на год**

Формируется в соответствии с заявкой на участие в конкурсе.

- Сравнительная характеристика гранитов Тянь-Шаня и других регионов в целях создания общей модели постмагматической тектоники гранитов фундамента и определения их роли в альпийском тектогенезе региона.
- Типизация и определение критериев выделения структурно-морфологических ансамблей (СМА) Тянь-Шаньского сектора Центрально-Азиатского подвижного пояса
- Характеристика типоморфных структурно-геодинамических парагенезов и их ансамблей регионального и надрегионального плана, отражающих особенности становления и тектонической эволюции консолидированной земной коры Тянь-Шаня.
- Построение моделей строения и геодинамической эволюции эталонных сегментов изученной территории с возможным выходом на создание модели надрегионального масштаба.
- Исследование изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газовой смеси из термоминеральных источников Тянь-Шаня.
- Завершение и издание монографии «Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал».
- Подготовка публикаций, подводящих итоги 3-х летнего цикла исследований по проекту.
- Командировки (4 чел.) из г. Москвы в г. Бишкек (Научная станция РАН) для проведения полевых исследований на территории Тянь-Шаня.

**1.2. Заявленные научные результаты на конец года**

Формируется в соответствии с заявкой на участие в конкурсе.

- Выявление и комплексная геолого-геофизическая характеристика типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей (ТГА), определяющих особенности современной структуры и эволюции Тянь-Шаня и других сегментов Евразийского внутриконтинентального орогена.
- Определение форм и механизмов формирования ТГА с учетом структурной дисгармонии на главных поверхностях раздела коры и литосферы (чехол/фундамент, внутрикоровые разделы, поверхность М).
- Выявление приуроченности определенных ТГА к сегментам орогена с различным типом палеогеодинамических обстановок и типом современной земной коры.
- Определение фундаментальных закономерностей строения и эволюции Тянь-Шаня, как отражение региональных и надрегиональных особенностей развития Евразийского внутриконтинентального орогена.
- Построение описательных, графических и расчетных двух- и трехмерных моделей поверхностной и глубинной структуры разномасштабных эталонных сегментов региона.

- Корреляция ТГА с особенностями минерации и уровнем геоэкологических рисков.
- Научные публикации по теме исследований (монография, материалы конференций и 5 статей).

### **1.3. Сведения о фактическом выполнении плана работы на год**

*(фактически проделанная работа, до 10 стр.)*

В отчетном 2018 году работы осуществлялись по трем направлениям: (а) получение и анализ нового фактического материала (б) анализ и обобщение совокупности данных, полученных в процессе выполнения проекта; (в) подготовка публикаций по результатам отчетного года и подводятся итоги 3-х летнему циклу исследований по проекту.

Фактически выполнен следующий комплекс работ:

1. – Осуществлен сравнительный анализ характеристик гранитов Тянь-Шаня и других регионов в целях создания общей модели постмагматической тектоники гранитов фундамента и определения их роли в альпийском тектогенезе региона. В подготовленной монографии подробно рассмотрены сравнительная характеристика и описание постмагматической тектоники гранитных массивов различных регионов и геодинамических обстановок, испытавших ремобилизацию на плитном и орогенном этапах. В анализ вовлечены гранитные массивы Тянь-Шаня (Кызыл-Чоку, Кызыл-Булак, Чункурчак, Пришиб и др.), а также Кавказа), Балтийского щита (Кумсинский купол), Гобийского Тянь-Шаня и Гобийского Алтая (массивы Дзурамтай, Танын), Западного и Восточного Забайкалья (гора Шерловая, Тугнуйский горст). Сформулированы характерные черты постмагматического морфоструктурогенеза гранитов. Установлено, что поверхность гранитных массивов, зафиксированная корами выветривания или отвечающая поверхности выравнивания, в большинстве случаев деформирована пликативно и образует изгибы без разрыва сплошности; морфоструктура массивов обладает свойством фрактальности, и формы рельефа массива в целом, зачастую, повторяют форму структурной отдельности, свойственной этому массиву.

Выявлены характерные черты постмагматической инфраструктуры гранитных тел. В частности, установлено, что граниты, перемещенные от своего первоначального «интрузивного» положения, в той или иной степени испытали деформацию и объемную дезинтеграцию на мега-, макро-, мезо- и микро-уровнях, выраженную системами разрывов, катаклизмом, брекчированием, милонитизацией породных масс. Первичные магматические структуры и текстуры сохраняются лишь в разрозненных блоках овоидной или линзовидной формы; межблоковое пространство заполнено рыхлым матриксом щебнистой или дресвяно-песчаной размерности. Плотность трещин, морфология, характер отдельности, расположение зон катаклаза, брекчирования контролируется структурами блочной делимости макро- и мегауровней, а инфраструктура изолированных тел тесно связана с их формой, отражающей условия деформации. Выявлены и описаны новые формы структурной делимости: слайс-структуры, структуры веера, овоидные структуры и др.

Показано, что взаиморасположение деформационных элементов и структурно-кинематические особенности отражают процесс разномасштабного объемного катакластического течения горных масс. Результатом являлось тектоническое выжимание отдельных их объёмов в верхние горизонты горного сооружения и формирование кристаллических гранитных протрузий.

Определены механизмы структурно-вещественной переработки пород, обеспечивающие объемную подвижность породных масс, и механизмы эксгумации гранитов на плитном и орогенном этапах развития. Показано, что в совокупном действии различных факторов дезинтеграции (автометасоматоз, гидротермально-пневматолитовые процессы, контракционная усадка, и пр.) и эксгумации (постмагматическая гранитизация, плотностная инверсия и пр.) первостепенную роль играет фактор тектонический: объемный катаклиз, приводящий к формированию кластической (гранулярной) структуры пород, и как следствие – вязкостная инверсия и связанный с ней процесс образования кристаллических протрузий.

Впервые на конкретных примерах показана полигенетическая природа и многоэтапность образования «гранитных кластитов», а также определены и описаны характерные особенности состава и строения кластитов экзогенного, тектонического и «комбинированного» типов.

Описание выполненных работ и полученных результатов по данному пункту изложено в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов, в статьях и монографии: Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. М.: ГЕОС, 2018. 330 с.

2. – Проведена типизация и определение основных критериев выделения структурно-морфологических (СМА) и типоморфных геодинамических (ТГА) ансамблей Памирско-Тяньшанского сектора Центрально-Азиатского подвижного пояса.

Впервые для территории Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии на основе совокупного анализа геолого-геофизического материала сформулировано представление о структурно-морфологических (СМА) и типоморфных геодинамических (ТГА) ансамблях, отражающих особенности поверхностного выражения тектонических процессов и возможную их корреляцию с данными дистанционных геофизических исследований.

СМА (структурно-морфологические ансамбли) – повторяющиеся в пространстве устойчивые сочетания структурных и морфологических форм корового уровня заложения. В проекте рассматриваются двух типов: (а) выраженные в рельефе земной поверхности, (б) выраженные в рельефе поверхности домезозойского фундамента. В частных случаях эти два типа могут совпадать, образуя единый СМА.

ТГА (типоморфные (главные) геодинамические ансамбли) – крупные геологические провинции регионального и надрегионального масштаба, в структуре, эволюции и глубинных характеристиках которых отражена специфика геодинамического развития сегментов Земли на корово-мантийном уровне.

К СМА относятся, в частности, зоны концентрированной деформации (Каракуль-Зиддинская, Зеравшанская, Нуратау-Курганакская, Байбичетоо и др.), купольные структуры гранитного фундамента, вертикальные и латеральные протрузии, орогенные депрессии и внутридепрессионные поднятия (система «Нарынская впадина – поднятие Байбичетоо – Атбашинская впадина»).

К ТГА отнесены Гиссаро-Алайское и Памирско-Гималайское горные сооружения, Западно-Тяньшанский и Восточно-Тяньшанский сегменты, разделенные плоскостью Таласо-Ферганского разлома; Афгано-Таджикско-Алайская депрессия и т.п.

Определены типы структурно-морфологических и геодинамических ансамблей (СМА и ТГА), в которых заметное участие принимают гранитные массивы фундамента. Первый тип – площадные поля целиком или в значительной степени сложенные гранитами; рельеф таких участков варьирует от слабовсхолмленных равнин и среднегорья до резко расчлененного высокогорья. Этот тип характеризует крупные геодинамические провинции с массовым проявлением доплитного магматизма и зрелым гранитно-метаморфическим слоем. Примеры: территории Северного Тянь-Шаня, Западного Забайкалья. Второй тип – гранитные массивы, приуроченные к линейным зонам концентрированной деформации. Массивы этого типа обычно имеют линзовидную или эллипсоидальную форму и размер от сотен метров до многих километров по длинной оси. Гранитные массивы этого типа характеризуют геодинамическую обстановку объемного сдвига с латеральным течением горных масс в условиях транспрессии или транстенсии. Примеры: массивы Дзурамтай и Танын (Южная Монголия), Кумсинский массив (Карелия). Третий тип – «островные» горы, образующие изолированные доминантные формы рельефа (холмы, увалы, горы, кряжи) на относительно выровненных пространствах платформ, плит и внутригорных впадин. Иногда гранитные «острова» образуют «архипелаги», состоящие из нескольких массивов, разделенных пониженными пространствами. Эти массивы, представляющие собой геоморфологические аномалии, обычно разбросаны на значительных площадях и характеризуют режим новейшей региональной тектонической активизации; примеры: гора Шерловая и Тугнуйский «горст» (Забайкалье), гранитные массивы Казахстана и Иссык-Кульской впадины (Северный Тянь-Шань), Баян-Уланский купол и Их-Хайрханская группа массивов (Монголия).

Синтез данных по изученным ТГА регионального и надрегионального плана, отражающих особенности становления и тектонической эволюции консолидированной земной коры Памиро-Тяньшанского сегмента Центрально-Азиатского пояса и моделей строения и геодинамической эволюции эталонных объектов изученной территории представлены в общих результатах проекта.

Описание выполненных работ и полученных результатов по данному пункту изложено в материалах всероссийских и международных совещаний и симпозиумов и в статье: Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПбГУ. Науки о Земле, 2018, вып. 4.

3. – Дана характеристика типоморфных структурно-геодинамических парагенезов и их ансамблей регионального и надрегионального плана, отражающих особенности становления и тектонической эволюции консолидированной земной коры Тянь-Шаня.

Для зоны сопряжения Кочкорской межгорной впадины и ее кристаллического обрамления, а также системы «Нарынская впадина – поднятие Байбичетоо – Атбашинская впадина» созданы эволюционные модели, основанные на данных детального структурно-геологического картирования, профильных геоэлектрических работ методом МТЗ и морфоструктурных построений. Вкрест простираения указанных региональных структур (на основании критерия

постоянства удельных объемов комплексов пород кайнозойского чехла и с учетом денудированных отложений) построены разрезы-реконструкции фаз конседиментационных и постседиментационных деформаций поверхности фундамента и вышележащих осадочных пород (рис. 1). Были определены относительные смещения условных реперов в зонах деформаций и рассчитана величина общего горизонтального сокращения ширины впадин на определенных этапах. Для зоны деформаций южного борта Кочкорской впадины была определена горизонтальная составляющая смещений на пике тектонической активности (с конца плиоцена до настоящего времени), которая составила около 1,2 км в центральном и западном сегментах и 0,7 км – в восточной части впадины. Пластичное перераспределение масс гранитов с различными (часто разнонаправленными) траекториями перемещения реперных точек в процессе деформации выражается формированием крутых флексур и складок поверхности гранитного фундамента в бортовой зоне впадины. Горизонтальные составляющие смещений реперов поверхности гранитного фундамента (относительно центра и северного борта впадины) различаются даже на соседних участках, варьируя в интервале 0 – 2,1 км. Остается недостаточно исследованным и требует дальнейшего изучения вопрос об изменении ширины антиклинорных поднятий, разделяющих впадины.

Проведен сравнительный анализ строения зон сочленения областей относительного опускания (межгорных впадин) и относительного поднятия (выступов фундамента) Северного Тянь-Шаня. Установлено принципиальное сходство тектонической структуры, кинематики и эволюции зон сочленения тектонопар «впадина/поднятие» наиболее крупных отрицательных структур региона – Иссык-Кульской, Чуйской и Кочкорской впадин. Выделены парагенезы структур, характерные для осадочного чехла и кристаллического фундамента. При этом установлено, что кристаллические массы фундамента демонстрируют существенно более высокую степень тектонической переработки и объемной текучести, чем слоистые отложения чехла, что объясняется различием реологических свойств и механизмов релаксации тектонических напряжений в породах разного состава и строения. Этап, предшествующий заложению орогенных впадин (юра - эоцен), и раннеорогенные стадии развития (олигоцен – ранний плиоцен) происходят в условиях левосторонней трансенсии; в конце плиоцена происходит смена режима на транспрессионной позднеорогенный. Области взаимодействия орогенных впадин и обрамляющих поднятий фундамента позволяет рассматривать их в совокупности как парные верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли (СМА), являющиеся составными элементами единой геодинамической обстановки 3D сдвигового течения при относительно незначительной роли поперечного сокращения пространства.

Описание выполненных работ и полученных результатов по данному пункту изложено в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов и в статьях: Пржиялговский Е.С., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К., Лаврушина Е.В., Баталева Е.А. Тектоническая структура переходных зон «впадина/поднятие» Северного Тянь-Шаня // ДАН. (статья сдана в редакцию); Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436; Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забиякова О.Б., Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2018, вып. 4.

4. – Осуществлено построение моделей строения и геодинамической эволюции эталонных сегментов изученной территории и показана возможность их применения для создания модели надрегионального масштаба. Созданы графические и описательные структурные и структурно-эволюционные модели зон сочленения областей относительного опускания (межгорных впадин) и относительного поднятия (выступов фундамента) Северного Тянь-Шаня (см. предыдущий пункт отчета). Показано, что области сочленения впадин и горных сооружений являются одним из устойчивых верхнекоровых структурно-морфологических парагенезов Тянь-Шаня со сходными чертами и этапностью геологического развития. Рассмотрены разноранговые объекты, отражающие неоднородность земной коры региона и реальное существование структурно-морфологических ансамблей различного масштаба (от мега- до микроуровня) и разного уровня заложения (от внутривпадинных до литосферных). С помощью программы «Win-Tenzor» (D. Delvaux, 2003) были статистически обработаны данные замеров трещиноватости (более стандартных 350 площадок замеров) и кинематических индикаторов тектонических смещений (240 замеров) в палеозойских гранитах фундамента и в осадочных породах мезозойско-кайнозойского чехла в Кочкорской, Чуйской, Алайской и Кичи-Каракольской впадинах и их окружении. Результаты позволили охарактеризовать и сопоставить инфраструктуру разных гранитных массивов и кинематические обстановки деформаций на ключевых участках региональных структур. Проведен сравнительный анализ перечисленных объектов с ранее изученными и описанными аналогичными структурами, который указывает на наличие типовых структурно-морфологических и геодинамических ансамблей,

соответствующих разным типом коры и сегментам региона и, одновременно на единство геодинамических условий, характерных для альпийского (включая новейший) этапа геологической эволюции Тянь-Шаня и сопредельных территорий.

Описание выполненных работ и полученных результатов по данному пункту изложено в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов и в статье Пржиялговский Е.С., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К., Лаврушина Е.В., Баталева Е.А. Тектоническая структура переходных зон «впадина/поднятие» Северного Тянь-Шаня // ДАН. (статья сдана в редакцию.)

5. – Проведено исследование изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газовой смеси из термоминеральных источников Тянь-Шаня.

Исследование изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газовой смеси из термоминеральных источников Тянь-Шаня связано с поставленной в проекте задачей возможного выявления в глубинных тектонических структурах Тянь-Шаня трещиноватых проницаемых зон, определяемых эманациями мантийного гелия и служащих каналами для миграции мантийных флюидов. С помощью лабораторного определения величины отношения содержания изотопов гелия  $R = ^3\text{He}/^4\text{He}$  для проб газа из термоминеральных источников может быть установлена проницаемость электропроводящих тел в разрезе, глубинность коровых тектонических структур и их связь с мантийными.

В рамках проекта был запланирован и осуществлен в 2018 г. отбор проб спонтанно выделяющегося газа в термоминеральных источниках, расположенных на территории Восточного Тянь-Шаня (источники Достук и Карабук – зона южного борта Нарынской впадины, источники Арашан и Нарзан – зона Атбаши-Иныльчекского разлома) (рис. 2). Далее эти пробы были направлены в лабораторию геохронологии и геохимии изотопов Геологического института КНЦ РАН (г. Апатиты) для проведения лабораторного анализа изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  с использованием масс-спектрометра МИ 1201 № 22-78. Результаты лабораторных исследований представлены в Таблице 1.

На основе анализа этих результатов сделаны следующие выводы:

- Установлено, что источник Нарзан содержат значительный вклад мантийного гелия и практически не контаминирован атмосферным гелием.
- Подтверждены представления [Поляк и др., 1989, 1990] о существовании двух субширотных положительных изотопно-гелиевых аномалий на северном и южном флангах Восточного Тянь-Шаня – на стыках (в зонах сочленения) эпиплатформенного новейшего орогена с древними тектонически стабильными структурами – каледонским Казахским щитом и докембрийской Таримской плитой.
- Показано, что северная аномалия (в Заилийском хребте) меньше по величине  $^3\text{He}/^4\text{He}$  и как будто бы «тоньше» в поперечнике, чем южная. Определенное в южной аномалии (в газах ист. Нарзан) значение  $^3\text{He} / ^4\text{He} \sim 6 \times 10^{-6}$ , как и в ист. Кызыл Белес, близко к максимальному на территории Средней Азии, и вообще свойственно районам с отсутствием активного вулканизма. Полученные в рамках проекта результаты изотопии гелия для источников Арашан и Нарзан дополняют и уточняют имеющиеся на сегодняшний день представления [Кнауф и др., 1980] о локализации возможных выходов на поверхность вулcano-плутонических образований Тяньшанского региона и ставят задачу пересмотра возраста редких в регионе вулcano-плутонических образований. Кроме того, с помощью лабораторного определения величины отношения содержания изотопов гелия  $R = ^3\text{He}/^4\text{He}$  для проб газа из термоминеральных источников может быть установлена локализации и проницаемость электропроводящих тел в разрезе, глубинность коровых тектонических структур и их связь с мантийными.

6. -- Издана монография:

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. М.: ГЕОС, 2018. Тр. ГИН РАН, вып. 619. 330 с.

7. -- Подготовлены публикации, подводящих итоги 3-х летнего цикла исследований по проекту.

1. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K.) Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436. WOS SCOPUS РИНЦ Q1

2. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забинякова О.Б., Нелин В.О. (Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.) Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // Доклады Академии наук. 2018. Т. 479. № 5. С.565-568. WOS SCOPUS РИНЦ Q2

3. Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. (Rybin A.K., Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V.,

Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G.) Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПб ГУ. Науки о Земле, 2018, вып. 4. WOS SCOPUS РИНЦ

4. Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика (2019 г.) WOS SCOPUS РИНЦ Q1

8. -- В 2018 году членом научного коллектива проекта Мансуровым А.Н. успешно защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по двум специальностям: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. Тема диссертационного исследования «МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПАМИРО-ТЯНЬШАНСКОГО РЕГИОНА ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ». Научный руководитель по специальности 25.00.10 – Рыбин А.К. – руководитель проекта.

9. -- В 2018 году в рамках проекта были следующие командировки членов научного коллектива проекта: Командировки (Щелочков Г.Г., Пржиялговский Е.С.) из г. Москвы в г. Бишкек (Научная станция РАН) для проведения полевых исследований на территории Тянь-Шаня и участия в работе Международной научной конференции «ВОЗДЕЙСТВИЕ ВНЕШНИХ ПОЛЕЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И МОНИТОРИНГ ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ», посвященная 40-летию со дня образования Научной станции РАН в г. Бишкеке. Командировка (Рыбин А.К.) – участие в работе научной конференции (Дания) - 24th Electromagnetic Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018.

**Все планируемые на год работы выполнены полностью:**

да

#### **1.4. Сведения о достигнутых конкретных научных результатах в отчетном году**

*(до 5 стр.)*

1. – Дана комплексная геолого-геофизическая характеристика верхнекоровых структурно-морфологических (СМА) и корово-мантийных геодинамических ансамблей (ТГА), определяющих особенности современной структуры и эволюции Тянь-Шаня и других сегментов Евразийского внутриконтинентального орогена.

В представленной геолого-геофизической эволюционной модели зоны сопряжения Кочкорской внутригорной впадины и ее кристаллического обрамления, базирующейся на новых данных детального структурно-геологического картирования и магнитотеллурического зондирования (2016 – 2017 гг.) отражены: дисгармония тектонической инфраструктуры чехольных комплексов и инфраструктуры гранитов фундамента; различия геологических и геоэлектрических разрезов в разных сегментах региональной структуры - Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации (при их сопоставимости на соседних участках), отражающих сложность 3D деформации; основные фазы становления современной структуры южного борта впадины – седиментационная трансенсивная и орогенно-седиментационная транспрессивная.

Определены типы структурно-морфологических и геодинамических ансамблей (СМА и ТГА), в которых заметное участие принимают гранитные массивы фундамента. Относительный объем и степень вовлеченности в процесс тектонического течения гранитоидных пород в значительной степени предопределяет деформационную неоднородность верхней коры, выражающуюся на поверхности площадными, линейными или «островными» морфоструктурными аномалиями.

На основе комплексного анализа геологических данных, материалов глубинного зондирования и сравнения со структурными аналогами и данными эксперимента, дана сравнительная структурно-геологическая характеристика горных сооружений Гиссаро-Алая и Памира. Установлено, что Гиссаро-Алай и Памир, являясь, составными частями Евразийского новейшего орогена, принадлежат к сегментам земной коры с разными геодинамическими режимами и развивались во многом независимо, что находит отражение в их морфоструктуре, геометрии, тектоническом стиле, наборе кинематических парагенезов, последовательности событий, магматизме, метаморфизме, проявлении новейшего орогенеза. Показано, что Гиссаро-Алай и Памир – это два типоморфных ансамбля (ТГА), отражающих специфику геодинамического развития разных сегментов Земли на корово-мантийном уровне (рис. 3).

Результаты этого пункта изложены в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов, в статьях: Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В.,

Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПб ГУ. 2018. Вып. 4; Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства // Геотектоника. 2018. № 2. С. 3-19.

2. – Проведены исследования, направленные на определение форм и механизмов формирования ТГА с учетом структурной дисгармонии на главных поверхностях раздела коры и литосферы (чехол/фундамент, внутрикоровые разделы, поверхность М). Выявлена приуроченность определенных ТГА к сегментам Евразийского орогена с различными типами палеогеодинамических обстановок и современной земной коры.

Необходимо отметить, что в настоящее время не представляется возможным сформулировать в полном объеме критерии определения форм и механизмов формирования ТГА, а также дать их развернутое описание с учетом особенностей глубинной структуры литосферы исследуемого региона, хотя реальные предпосылки для проведения такой работы имеются, и они базируются на результатах исследований коллектива геологов и геофизиков – исполнителей проекта.

В качестве иллюстрации такого задела, полученного в рамках проекта, рассмотрим пример отображения характеристик морфоструктуры регионального масштаба в геофизических полях для конкретного объекта Северного Тянь-Шаня – тектонической зоны Кочкорской впадины. В этом районе результаты детальных геоморфологических и структурных исследований скоррелированы с данными профильных магнитотеллурических зондирований (МТЗ) высокого разрешения. Остановимся подробнее на этом сопоставлении.

В результате выполненных детальных МТЗ построена геоэлектрическая двумерная модель по профилю Укок (рис. 4), позволившая выявить особенности геоэлектрического строения осадочного чехла и фундамента южного борта Кочкорской впадины. Отметим, что электропроводящие структуры, обозначенные на рисунке цифрами 4 и 5 соответствуют ветвям Южно-Кочкорского разлома (ЮКР). Исходя из морфологии проводящих структур и значений электросопротивлений, можно предположить, что высокая электропроводность объектов 4 и 5 связана с повышенной трещиноватостью и обводненностью. Наличие субвертикальных неоднородностей с очень низкими значениями удельного сопротивления (менее 10 Ом.м), является следствием процессов современной активизации систем разломов Тянь-Шаня. Геоэлектрические неоднородности 1, 2, 3 могут быть связаны с областями катаклаза гранитов. Объект 6 соответствует кайнозойским отложениям, мощность которых составляет около 1,5 км. Простираение ветвей разломов (объекты 4 и 5) в среднем составляет 60–65°.

Для геоэлектрической структуры гранитоидов фундамента, показанной на рис. 2, характерны контрастные по электропроводности крутопадающие плоскостные зоны, вероятно, подчеркивающие систему разноранговых структур дезинтеграции гранитоидов в крутом борту Кочкорской впадины. О геоэлектрических свойствах осадочного чехла можно судить по его структуре вдоль профиля МТЗ во внутренней части впадины. Для мощной толщи залегающего выше осадочного чехла характерен мало контрастный рисунок распределения электропроводности, в целом более высокой, по сравнению с фундаментом. Низкоомные характеристики пород центральной части разреза (возможно, соленосных) позволяют видеть структуру пологозалегающего на этом участке чехла. Для грубообломочных плохо сортированных отложений верхов разреза характерны повышенные значения сопротивлений.

В геоэлектрической модели области спокойного залегания кайнозойского чехла (6) и выходящих на поверхность гранитов фундамента (области 1–4 и, возможно, 5) разделены зоной неупорядоченной геоэлектрической структуры на их контакте – в зоне ЮКР. Корни субвертикальных низкоомных аномалий в гранитах ограничиваются наклонной линией, отвечающей, вероятно, плоскости главного сместителя ЮКР, который на глубине сливается с мощной зоной вертикальной проницаемости, отвечающей масштабной структуре корового ранга (ее геологическая природа остается дискуссионной). Появление в геоэлектрическом разрезе наклонных внутрь впадины структур (между аномалиями 6 и 5) отвечает зоне подворота слоев чехла, возможно меланжированных на контакте с гранитами. Наиболее амплитудное смещение кровли палеозойского фундамента в зоне ЮКР происходит как пластичная флексурно-складчатая деформация, осложненная взбросами и надвигами. Переход наклонных взбросов в более крутые структуры на глубине определяется векторами перемещения масс на границах растущих выступов фундамента и погружающихся бассейнов. Проведенные геолого-геофизические исследования в Кочкорской впадине позволили существенно уточнить инфраструктуру корового слоя региона и установить хорошую сходимос ть геолого-структурных и магнитотеллурических данных. При этом, геоэлектрический разрез крутого борта Кочкорской впадины отражает сложную систему складчатых и разломных структур Южно-Кочкорской тектонической зоны. Распределение электросопротивления приводит нас к выводу о том, что деформации кровли фундамента имели преимущественно пластичный характер и проявляются в тектонической структуре козырьковыми складками с опрокинутыми стратиграфическими контактами фундамент/чехол и сложной геометрией поверхности блоков фундамента в ложе впадины (см. рис.7 и 8). Амплитуды смещений по взбросам, определённые в зоне Южно-Кочкорского разлома, не превышают 400–500 м, что значительно меньше общего размаха вертикального смещения кровли палеозойского

фундамента на границе Кочкорской впадины и Терской антиклинорией.

Сделаем общее замечание по данному пункту - учесть многообразие морфоструктурных сегментов и их взаимосвязей, а также установить их соответствие данным глубинного зондирования, создав единую схему региона, сегодня явно затруднительно. Очевидно, что данная задача требует дальнейшего продолжения исследований, связанных как с расширением базы данных экспериментальной геолого-геофизической информации, так и с проведением обобщающего анализа всех имеющихся материалов по этой проблематике.

Результаты этого пункта изложены в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов, в статьях: Баталева Е.А., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Новые данные о глубинном строении Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации // ДАН. 2017, том 475, № 5. С. 571-575; Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436; Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забиякова О.Б., Нелин В.О. Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо – Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // ДАН. 2018. Т. 479. № 5. С.565-568.

3. – Определены фундаментальные закономерности строения и эволюции Тянь-Шаня, как отражение региональных и надрегиональных особенностей развития Евразийского внутриконтинентального орогена.

Описаны структурно-вещественные парагенезы, свидетельствующие об объемной подвижности (текучести) горных масс фундамента Тянь-Шаня и расшифрованы конкретные – проявляющиеся в определенных породах и структурных обстановках – механизмы объемной дезинтеграции, связанные с так называемой «тектоникой разрыхления» [Штилле, 1964] и контролируемые законами механики блочных и гранулированных сред [Кочарян, 2016; Ревуженко, 2003]: меланжирование, пластическая деформация, объемный катаклиз на разных масштабных уровнях, динамическая рекристаллизация.

Выявлена существенная (возможно, первостепенная) роль во внутриплитном и орогенном тектогенезе Тянь-Шаня продольного по отношению к оси горного сооружения тектонического течения породных масс палеозойского фундамента, проявляющегося в условиях трансенсии (на плитном и раннеорогенном этапах) или транспрессии (на позднеорогенном этапе) при относительно незначительной роли поперечного сокращения пространства. Латеральное течение связано с перераспределением горных масс и в поперечном направлении – оттоком его из областей опускания и нагнетанием в зоны поднятий тектонического рельефа по механизму изгибной неустойчивости [Лобковский, 1988]. О реальном объемном перетекании горных масс свидетельствует развитие прогибов и поднятий, которые, по крайней мере, до середины миоцена развивались как пликативные структуры, лишь в отдельных местах осложненные разломами.

Результаты данного пункта изложены в материалах всероссийских и международных совещаний и симпозиумов, в статьях (см. пункт 6) и в монографии: Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

4. -- Построены описательные, графические и расчетные двух- и трехмерные модели поверхностной и глубинной структуры разномасштабных эталонных сегментов региона.

Созданы графические и описательные структурные модели зон сочленения областей относительного опускания (межгорных впадин) и относительного поднятия (выступов фундамента) Северного Тянь-Шаня (см. предыдущий пункт отчета). Показано, что эти зоны являются одним из устойчивых верхнекоровых структурно-морфологических парагенезов Тянь-Шаня со сходными чертами и этапностью геологического развития. Сравнение перечисленных объектов с ранее изученными и описанными аналогичными структурами указывает на их практическое тождество и генетическое единство, что отражает единый механизм геодинамического развития территории Тянь-Шаня.

Созданы графические и описательные структурно-эволюционные модели гранитных тел протыкания (куполов и протрузий) различного масштаба, на отдельных объектах (Сусамырский массив, массивы обрамления Иссык-Кульской впадины и Киргизского хр.) соотнесенных с данными по глубинному строению.

Рассмотрим пример построения и сравнительного анализа моделей поверхностного и глубинного строения для территории эталонного сегмента региона – геодинамической системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо – Атбашинская впадина», на основе проведенного здесь детального структурно-геологического картирования и геофизических исследований методом магнитотеллурического зондирования по профилю Карабук. На рис. 5 показано расположение профиля и представлены геологический поперечный разрез этой зоны и двумерная геоэлектрическая модель вдоль магнитотеллурического профиля Карабук. При этом построенный профильный геоэлектрический разрез достаточно хорошо согласуется с результатами геологических исследований. Отметим основные детали в характеристиках поверхностной и глубинной структуры. Показанные в геологическом разрезе Нарынской впадины

«скрытые» разломные структуры фундамента, в геоэлектрической модели отображены наклонными и субвертикальными проводящими объектами шириной до 1.5-2 км. Внутренним поднятиям фундамента в Нарынской впадины - структуры (1-3) геологического разреза, также четко отображены в геоэлектрической модели в виде соответствующих блоков (1-3). Линейный выступ, разделяющего впадины палеозойского хребта Байбичетоо (4), который является одной из ключевых структур геологического разреза, занимает центральное место и в геоэлектрическом разрезе, где он представлен высокоомным объектом с наклоном к северо-западу, шириной порядка 10 км, с глубиной залегания до верхней кромки проводящего слоя в коре. Коровый проводящий слой спорадически распространен в средней-нижней коре на территории всего Тянь-Шаня, его глубина залегания в районе исследования соответствует глубинам 25-30 км.

Основные структурные элементы поверхности фундамента и осадочного чехла Атбашинской впадины по сравнению с Нарынской впадиной в геологическом разрезе имеют более сложный характер. О чем свидетельствует и наличие в геоэлектрической модели проводящей структуры (5) и изолятора (6), предсказанные в глубинном геологическом разрезе. Атбашинская впадина повторяет черты Нарынской с южным пологим крылом и крутым северным, оборванным серией разломов. В геоэлектрической модели северная граница с хребтом Байбичетоо представлена наклонной проводящей структурой до глубин 20 и более километров. При этом вергентность проводящих (разломных) структур, ограничивающих высокоомный выступ хребта Байбичетоо в геоэлектрической модели, не согласуется с вергентностью соответствующих структур геологического разреза. Однако корреляция проводящих объектов геоэлектрической модели и разломных структур, ограничивающих Атбашинскую впадину как с севера, так и с юга, очень высокая. Аномалии электропроводности, представленные в геоэлектрической модели в виде субвертикальных проводящих объектов с простираем вдоль бортов впадин, могут быть обусловлены зонами динамического влияния разломов и катаклаза гранитов.

Результаты данного пункта изложены в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов, в статьях: Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417–436; Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забиякова О.Б., Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПб ГУ. 2018. Вып. 4.; Пржиялговский Е.С., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К., Лаврушина Е.В., Баталева Е.А. «Тектоническая структура переходных зон «впадина/поднятие» Северного Тянь-Шаня». ДАН (статья сдана в редакцию) и монографии: Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

5. – Проведены исследования по корреляции ТГА и СМА с особенностями минерагении и уровнем геоэкологических рисков.

На основе сравнительно-тектонического анализа гранитных массивов, в том числе, содержащих залежи углеводородов (УВ), и новых данных о способах и механизмах обеспечения объемной подвижности горных масс, создана эволюционная структурно-тектоническая модель формирования скоплений УВ в пределах гранитных тел протыкания (протрузий). Оценена роль «протрузивных ловушек» в потенциальной нефтегазоносности консолидированной земной коры. Модель применена для объяснения формирования залежей УВ на месторождении Белый тигр (Вьетнам).

В качестве задела для будущих исследований, предложены варианты моделей для различных геолого-геодинамических ситуаций: вариант поступления УВ в гранитные массивы из осадочного чехла; вариант поступления УВ из глубинных горизонтов литосферы; вариант формирования «вторичных» (псевдонефтематеринских) толщ за счет вертикального аккрецирования консолидированной коры и механизма М-инфильтрации (рис. 6).

Результаты исследований по проекту, в частности, выделение специфических структурно-морфологических ансамблей (СМА) фундамента и понимание механизмов их формирования позволяют ставить вопрос о прогнозных работах в регионе, касающихся нетрадиционных месторождений полезных ископаемых:

(а) Выявленные особенности постумной тектоники гранитов Тянь-Шаня, характер строения и расположения залежей УВ в пределах кристаллического фундамента различных регионов, разработка структурно-тектонической модели формирования интрагранитных вместилиц УВ), геоисторические и структурно-тектонические аналогии молодой плиты Тянь-Шаня с другими районами (например, с эпимеловой плитой Зондского шельфа) в совокупности делают правомерным предположение о наличии потенциальных (или реальных) вместилиц УВ в пределах погребенных под осадочным чехлом объемов разуплотненных пород фундамента (гранитных протрузий).

(б) Региональная геологическая ситуация, динамический режим, состав исходных пород фундамента, морфология и особенности формирования гранитных тел протыкания делают перспективным изучение широко распространенных в регионе домезозойских и более молодых эпигранитных и эписланцевых кор выветривания, так как они являются

потенциальными областями формирования залежей тонкодисперсного («горчичного») золота. Согласно имеющимся данным (например, [Некрасов, 1991; Petersen et al., 1999]), горчичное золото наиболее часто встречается в своеобразной «кварцевой сыпучке» зон гипергенеза, халцедоновидном кварце, продуктах окисления и сульфидного обогащения (пирите, сфалерите, халькопирите) а также магнетите, гематите, оксидах железа. Наиболее перспективны в этом отношении глинистые коры выветривания и элювиальные россыпи, в частности, месторождения золота нетрадиционного типа в каолиновых корках выветривания, развитых по слабо золотоносным минерализованным зонам (например, [Шахов, 1998]). В настоящее время нетрадиционные геолого-промышленные типы месторождений золотоносных кор выветривания дают около 1% мировых запасов драгметалла.

Учитывая наличие в регионе глинистых и кварцево-каолиновых мезозойских и кайнозойских кор выветривания и их участие в сложных динамических процессах, а также полученные в процессе работы по проекту данные о гипергенных преобразованиях гранитов фундамента Тянь-Шаня и Монголии [Леонов и др., 2018, глава 3.1], можно вполне обоснованно ставить вопрос о проведении целенаправленных работ по изучению кор выветривания и их металлоносности. Изучение кор выветривания и тектоно-кластитовых панцирей в пределах гранитных протрузий важно и с позиции нефтенакопления, так как эти образования являются хорошими флюидоупорами.

Результаты данного пункта изложены в сообщениях на всероссийских и международных совещаниях и симпозиумах, а также в монографии: Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

6. – Научные публикации по теме исследований (монография, материалы конференций и 5 статей):

1. Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Leonov M.G., Przhialgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал М.: ГЕОС (2018 г.) РИНЦ
2. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhialgovskii E.S., Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K.) Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика (2018 г.) WOS SCOPUS РИНЦ Q1
3. Гарецкий Р.Г., Леонов М.Г. (Garetsky R.G., Leonov M.G.) «Структуры омута» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков // ДАН (2018 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
4. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства // Геотектоника (2018 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
5. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: сочленение и положение в системе подвижных поясов Центральной Азии // Геотектоника (2018 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
6. Пржиялговский Е.С., Баталева Е.А., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhialgovskii E.S., Bataleva E.A., Lavrushina E.V., Leonov M.G., Rybin A.K.) Строение и тектоническая эволюция Кочкорской впадины (Тянь-Шань) с учетом новых данных МТЗ. Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: НС РАН (2018 г.) РИНЦ
7. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Przhialgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Позднеальпийские структурные ансамбли Тянь-Шаня и их иерархическая соподчиненность. Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: НС РАН (2018 г.) РИНЦ
8. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Матюков В., Забинякова О.Б. (Rybin A., Bataleva E., Morozov Yu., Leonov M., Przhialgovskii E., Matyukov V. and Zabinyakova O.) Zones of concentrated deformation in the Central Tien Shan: geoelectric images and tectonic interpretation, Abstract, 24th EM Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018 (2018 г.)
9. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забинякова О.Б., Нелин В.О. (Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.) Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // ДАН (2018 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
10. Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. (Rybin A.K., Leonov M.G., Przhialgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G.) Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях Вестник СПб ГУ. (2018 г.) WOS SCOPUS РИНЦ
11. Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика (2019 г.) WOS SCOPUS РИНЦ Q1

## Все запланированные в отчетном году научные результаты достигнуты:

да

### 1.5. Описание выполненных в отчетном году работ и полученных научных результатов для публикации на сайте РНФ

*на русском языке (до 3 страниц текста, также указываются ссылки на информационные ресурсы в сети Интернет (url-адреса), посвященные проекту)*

В 2018 году выполнены следующие работы по Проекту:

- Осуществлен сравнительный анализ характеристик гранитов Тянь-Шаня и других регионов в целях создания общей модели постмагматической тектоники гранитов фундамента и определения их роли в альпийском тектогенезе региона.
- Проведена типизация и определение основных критериев выделения структурно-морфологических (СМА) и типоморфных геодинамических (ТГА) ансамблей Памирско-Тяньшаньского сектора Центрально-Азиатского подвижного пояса.
- Дана характеристика типоморфных структурно-геодинамических парагенезов и их ансамблей регионального и надрегионального масштаба, отражающих особенности становления и тектонической эволюции консолидированной земной коры Тянь-Шаня.
- Осуществлено построение моделей строения и геодинамической эволюции эталонных сегментов изученной территории и показана возможность их применения для создания модели надрегионального масштаба.
- Проведено лабораторное исследование изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  образцов газовой смеси из термоминеральных источников Тянь-Шаня.

В 2018 году получены следующие научные результаты по Проекту:

- Дана комплексная геолого-геофизическая характеристика верхнекоровых структурно-морфологических и корово-мантийных геодинамических ансамблей, определяющих особенности современной структуры и эволюции Тянь-Шаня и других сегментов Евразийского внутриконтинентального орогена.
- Определены фундаментальные закономерности строения и эволюции Тянь-Шаня, как отражение региональных и надрегиональных особенностей развития Евразийского внутриконтинентального орогена.
- Построены описательные, графические и расчетные двух- и трехмерные модели поверхностной и глубинной структуры разномасштабных эталонных сегментов региона.
- Проведена корреляция ТГА с особенностями минерагении и уровнем геоэкологических рисков.

Издана монография:

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Граниты.

Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал // М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

Подготовлены и изданы научные публикации по теме исследований Проекта в виде 6-ти статей и материалов конференций. 1 статья принята в печать и выйдет в 2019 г.

Статьи:

1. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K.) Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436. DOI: 10.15372/GiG20180401
2. Гарецкий Р.Г., Леонов М.Г. (Garetsky R.G., Leonov M.G.) «Структуры омота» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков // ДАН. Т. 478. №5. С. 546-550. DOI: 10.7868/S0869565218050110
3. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства // Геотектоника. 2018. № 2. С. 3-19. DOI: 10.7868/S0016853X18020017
4. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: сочленение и положение в системе подвижных поясов Центральной Азии // Геотектоника. 2018. № 1. С. 79-96. DOI: 10.7868/S0016853X18010058
5. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забинякова О.Б., Нелин В.О. (Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.) Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // ДАН. 2018. Т. 479. № 5. С. 565-568. DOI: 10.7868/S0869565218110191
6. Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. (Rybin A.K., Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G.) Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшаньского

сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПб ГУ. Науки о Земле, 2018, вып. 4.  
7. Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика (2019 г.) DOI: 10.15372/GiG2019008

Материалы:

1. Пржиялговский Е.С., Баталева Е.А., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhiyalgovskii E.S., Bataleva E.A., Lavrushina E.V., Leonov M.G., Rybin A.K.) Строение и тектоническая эволюция Кочкорской впадины (Тянь-Шань) с учетом новых данных МТЗ // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: ИС РАН (2018 г.) РИНЦ
2. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Przhiyalgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Позднеальпийские структурные ансамбли Тянь-Шаня и их иерархическая соподчиненность // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: ИС РАН (2018 г.) РИНЦ
3. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Матюков В., Забинякова О.Б. (Rybin A., Bataleva E., Morozov Yu., Leonov M., Przhiyalgovskii E., Matukov V. and Zabinyakova O.) Zones of concentrated deformation in the Central Tien Shan: geoelectric images and tectonic interpretation, Abstract, 24th EM Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018 (2018 г.)

В 2018 году членом научного коллектива проекта А.Н. Мансуровым успешно защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по двум специальностям: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. Тема диссертационного исследования «Модели, алгоритмы и программные средства для исследования современных деформаций земной коры Памиро-Тяньшанского региона по данным космической геодезии». Научный руководитель по специальности 25.00.10 – Рыбин А.К. (руководитель проекта).

Информационные ресурсы в сети Интернет, посвященные проекту РНФ № 16-17-10059, находятся по адресу <http://www.gdirc.ru/>

#### ***на английском языке***

The following works were performed in 2018 within the framework of the Project:

- Comparative characterization of granites of the Tien-Shan and other regions was performed in order to create a general model of postmagmatic tectonics of the basement granites and determine their role in the alpine tectogenesis of the region.
- The main criteria for identification of structural-morphological (SME) and typomorphic geodynamic (TGE) ensembles of the Pamir-Tien-Shan sector of the Central Asian mobile belt were determined and typified.
- Characterization of morphological structural-geodynamic parageneses, which reflect peculiarities of formation and tectonic evolution of the Tien-Shan's consolidated earth crust, and their regional and supra-regional scale ensembles was given.
- Models of structure and geodynamic evolution were made for standard segments of the studied territory. Possibility of the use of these models to create a supra-regional scale model was shown.
- A laboratory analysis of helium  $^3\text{He}/^4\text{He}$  isotopic composition was done for gas mixture samples from thermal mineral sources of Tien Shan.

The following scientific results were achieved in 2018 within the framework of the Project:

- Complex geological and geophysical description of the upper-crust structural-morphological and crust-mantle geodynamic ensembles was given. These ensembles determine peculiarities of modern structure and evolution of Tien-Shan and other segments of the Eurasian intracontinental orogene.
- The fundamental regularities of the structure and evolution of the Tien Shan were determined. These regularities reflect peculiarities of Eurasian intracontinental orogene's regional and supra-regional development.
- Descriptive, graphic and computational two- and three-dimensional models were constructed for deep and surface structure of different scale region's standard segments.
- Correlation between TGE and peculiarities of mineralogeny and level of geoeological risks was studied.

The monograph was published:

Leonov M.G., Przhiyalgovsky E.S., Lavrushina E.V. Granites. Postmagmatic tectonics and hydrocarbon potential // Moscow: GEOS, 2018. 332 p.

Scientific publications on the Project's research topic were prepared and published in the form of 6 papers and conference materials. 1 paper was accepted for publication and will be published in 2019.

Papers:

1. Przhiyalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Leonov M.G., Batalev V.Y., Bataleva E.A., Rybin A.K. Russian Geology and Geophysics. Structure of the basement surface and sediments in the Kochkor basin (Tien Shan): geological and geophysical evidence 2018. V. 59. № 4. P. 335-350. DOI: 10.1134/S1028334X18040165

2. Garetsky R.G., Leonov M.G. "The whirlpool structures" – a new category of lithospheric plate-flows' interaction zones". Doklady Earth Sciences. Vol. 478. No. 5. P. 546-550. DOI: 10.7868/S0869565218050110
3. Leonov M.G., Batalev V.Y., Shchelochkov G.G., Rybin A.K., Matyukov V.E. The Hissar–Alay and the Pamirs: Deep-Seated Structure, Geodynamic Model, and Experimental Evidence Geotectonics. 2018. V. 52. № 2. P. 157-172. DOI: 10.1134/S001685211802005X
4. Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G. Hissar–Alai and the Pamirs: Junction and Position in the System of Mobile Belts of Central Asia // Geotectonics. 2018. V. 52. № 1. P. 73-87. DOI: 10.1134/S0016852118010090
5. Rybin A.K., Batalev E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G. Specific Features in the Deep Structure of the Naryn Basin–Baibichetoo Ridge–Atbashi Basin System: Evidence from the Complex of Geological and Geophysical Data // Doklady Earth Sciences. 2018. V. 479. № 2. P. 499-502. DOI: 10.1134/S1028334X18040165
6. Rybin A.K., Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G. Upper crust structural and morphological ensembles of the Pamir-Tien Shan segment of Central Asia and their reflection in geophysical fields // Bulletin of St. Petersburg State University. Earth Sciences, 2018, vol. 4.
7. Rybin A. K., Matyukov V. E., Batalev V. Y., Bataleva E. A. Deep geoelectric structure of the earth's crust and upper mantle of the Pamir-Alai zone // Geology and Geophysics (2019). DOI: 10.15372/GiG2019008

Materials:

1. Przhivalgovskii E. S., Bataleva E. A., Lavrushina E. V., Leonov M. G., Rybin A. K. Structure and tectonic evolution of Kochkor basin (Tien-Shan) according to new MTS data // Problems of geodynamics and Geoecology of intracontinental orogens. Papers of the 7-th international symposium. Bishkek: RS RAS (2018) RSCI
2. Przhivalgovskii E. S., Lavrushina E. V. Late-Alpine structural ensembles of the Tien Shan and their hierarchical subordination // Problems of geodynamics and Geoecology of intracontinental orogens. Papers of the 7-th international symposium. Bishkek: RS RAS (2018) RSCI
3. Rybin A. K., Batalev E. A., Morozov A. Yu., Leonov M. G., Przhivalgovskii S. E., Matukov V., Zabinyakova O. B. Zones of concentrated deformation in the Central Tien Shan: geoelectric images and tectonic interpretation, Abstract, 24th EM Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018

In 2018 a member of the Project's research team, Artur Mansurov successfully defended his thesis for the degree of candidate of technical sciences in two specialties: 05.13.18 – Mathematical modeling, numerical methods and software systems and 25.00.10 – Geophysics, geophysical methods of mineral exploration. Thesis topic is "Models, algorithms and software for investigating contemporary earth crust's strain rate of Pamir-Tien-Shan region on space geodetic data". Scientific adviser on the specialty 25.00.10 was Anatoly Rybin (head of the Project).

Information resources on the Internet, devoted to the RSCF Project № 16-17-10059, are located at <http://www.gdir.ru/>

#### 1.6. Файл с дополнительными материалами

*(при необходимости представления экспертному совету РНФ дополнительных графических материалов к отчету по проекту)*

В формате pdf, размером до 3 Мб.

[скачать...](#)

#### 1.7. Перечень публикаций за год по результатам проекта

*(публикации добавляются из списка зарегистрированных участниками проекта публикаций)*

1. *Гарецкий Р.Г., Леонов М.Г. (Garetsky R.G., Leonov M.G.) «Структуры омота» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков ДАН (2018 г.)*

2. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства Геотектоника (2018 г.)*

3. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: сочленение и положение в системе подвижных поясов Центральной Азии Геотектоника (2018 г.)*

4. *Пржиялговский Е.С., Баталева Е.А., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhivalgovskii E.S., Bataleva E.A., Lavrushina E.V., Leonov M.G., Rybin A.K.) Строение и тектоническая эволюция Кочкорской впадины (Тянь-Шань) с учетом новых данных МТЗ Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: НС РАН (2018 г.)*

---

5. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Przhiyalgovskii E.S, Lavrushina E.V.) **Позднеальпийские структурные ансамбли Тянь-Шаня и их иерархическая соподчиненность** Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: ИС РАН (2018 г.)

---

6. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Матюков В., Забиякова О.Б. (Rybin A., Bataleva E., Morozov Yu., Leonov M., Przhiyalgovskii E., Matukov V. and Zabinyakova O.) **Zones of concentrated deformation in the Central Tien Shan: geoelectric images and tectonic interpretation** Abstract, 24th EM Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018 (2018 г.)

---

7. Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) **Определение изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газе термоминеральных источников Центрального Тянь-Шаня** ИС РАН, Бишкек (2018 г.)

---

8. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забиякова О.Б., Нелин В.О. (Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.) **Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных ДАН** (2018 г.)

---

9. Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забиякова О.Б., Щелочков Г.Г. (Rybin A.K., Leonov M.G., Przhiyalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G.) **Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях** Вестник СПб ГУ. (2018 г.)

---

10. Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) **Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны** Геология и геофизика (2019 г.)

---

1.8. В 2018 году возникли исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности (РИД), созданные при выполнении проекта:

Нет

## 1.9. Показатели реализации проекта

**Показатели кадрового состава научного коллектива** (рассчитываются как округленное до целого отношение суммы количества месяцев, в которых действовали в отчетном периоде в отношении членов научного коллектива приказы о составе научного коллектива, к количеству месяцев, в которых действовало в отчетном периоде соглашение)

Плановые значения указываются только для показателей, предусмотренных соглашением.

Показатели	Единица измерения	2018 год	
		план	факт
Число членов научного коллектива	человек	10	10
Число исследователей в возрасте до 39 лет среди членов научного коллектива	человек	5	5
в том числе:			
кандидатов наук в возрасте до 35 лет (включительно)	человек		2
аспирантов (интернов, ординаторов, адъюнктов) и (или) студентов очной формы обучения	человек		2
Количество лиц категории «Вспомогательный персонал»	человек		7

**Публикационные показатели реализации проекта** (значения показателей формируются автоматически на основе данных, представленных в форме 2о (накопительным итогом). Показатели публикационной активности приводятся в отношении публикаций, имеющих соответствующую ссылку на поддержку Российского научного фонда и на организацию (в последнем случае – за исключением публикаций, созданных в рамках оказания услуг сторонними организациями).

Плановые значения указываются только для показателей, предусмотренных соглашением.

Публикационные показатели реализации проекта (нарастающим итогом, за исключением показателя «Число цитирований...»)	Единица измерения	2016-2018 годы	
		план	факт
Количество публикаций по проекту членов научного коллектива в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (SCOPUS)	Ед.	9	12
Число цитирований публикаций членов научного коллектива в научных журналах, индексируемых в международной базе данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) в отчетном году	Ед.		4
Количество публикаций по проекту членов научного коллектива в изданиях, учитываемых в базе данных «РИНЦ»	Ед.		22
Количество монографий по проекту членов научного коллектива	Ед.		2
Количество зарегистрированных результатов интеллектуальной деятельности по проекту членов научного коллектива	Ед.		0

### 1.10. Информация о представлении достигнутых научных результатов на научных мероприятиях (конференциях, симпозиумах и пр.)

(в том числе форма представления – приглашенный доклад, устное выступление, стендовый доклад и пр.)

Пржиялговский Е.С. - устное выступление, Международная научная конференция «ВОЗДЕЙСТВИЕ ВНЕШНИХ ПОЛЕЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И МОНИТОРИНГ ИХ ПРОЯВЛЕНИЙ», посвященная 40-летию со дня образования Научной станции РАН в г.Бишкеке (3 – 7 июля 2018 года, г. Бишкек, Киргизская Республика).

Рыбин А.К. - стендовый доклад, 24th Electromagnetic Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018.

### 1.11. Все публикации, информация о которых представлена в пункте 1.9, имеют указание на получение финансовой поддержки от Фонда:

да

### 1.12. Информация (при наличии) о публикациях в СМИ, посвященных результатам проекта, с упоминанием Фонда:

Нет

**1.13. Изменялся ли в отчетном периоде состав основных исполнителей проекта?**

Нет

**Основные исполнители проекта в 2018 г.:**

Баталева Елена Анатольевна

Леонов Михаил Георгиевич

Пржиялговский Евгений Станиславович

*В случаях изменения состава основных исполнителей проекта, указанных в заявке на участие в конкурсе, в составе отчета представляются сведения об исключении членов научного коллектива из состава основных исполнителей и о новых основных исполнителях проекта в соответствии с формой 2 приложения № 1 к конкурсной документации о проведении конкурса.*

Настоящим подтверждаю:

- самостоятельность и авторство текста отчета о выполнении проекта;
- что при обнародовании результатов, полученных в рамках реализации поддержанного РНФ проекта, научный коллектив ссылался на получение финансовой поддержки проекта от РНФ и на организацию, на базе которой выполнялось исследование;
- что согласен с опубликованием РНФ сведений из отчета о выполнении проекта, в том числе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»;
- что проект не имеет других источников финансирования;
- что проект не является аналогичным\*\*\*\* по содержанию проекту, одновременно финансируемому из других источников.

---

\*\*\*\* Проекты, аналогичные по целям, задачам, объектам, предметам и методам исследований, а также ожидаемым результатам. Экспертиза на совпадение проводится экспертным советом Фонда.

---

Подпись руководителя проекта \_\_\_\_\_/А.К. Рыбин/

Сведения о публикациях по результатам проекта  
№ 16-17-10059

«Взаимосвязь тектонических и морфологических характеристик верхнекоровых структур внутриконтинентальных орогенов с глубинным строением, минерагенией и геологическими рисками (на примере Тянь-Шаня).»,  
в 2018 году

Приводится в отношении публикаций, имеющих соответствующую ссылку на поддержку РФФ.

(заполняется отдельно на каждую публикацию, для формирования п.1.7 отчета)

В карточке публикации все данные приводятся на языке и в форме, используемой базами данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection), «Скопус» (Scopus) и/или РИНЦ, каждая статья упоминается только один раз (независимо от языков опубликования).

1

### 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Гарецкий Р.Г., Леонов М.Г.

**на английском языке:** Garetsky R.G., Leonov M.G.

**WoS Researcher ID (при наличии):** ---

**Scopus AuthorID (при наличии):** ---

### 2.2. Название публикации

«Структуры омута» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков

### 2.3. Год публикации

2018

### 2.4. Ключевые слова

плито-поток, литосфера, тектоника

### 2.5. Вид публикации

статья

### 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

ДАН

**ISSN (при наличии):** 0869-5652

**e-ISSN (при наличии):** ---

**ISBN (при наличии):** ---

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

### 2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)

Т. 478.№5. С. 546-550

**Месяц и год публикации:** 02.2018

**Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):**

<https://elibrary.ru/item.asp?id=32453561>

### 2.8. DOI (при наличии)

DOI: 10.7868/S0869565218050110

Accession Number WoS (при наличии): ---

Scopus EID (при наличии): 7003688278

**2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)**

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

---

**Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации: ---**

**2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection**

да

**2.11. Импакт-фактор издания**

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

---

**2.12. Издание индексируется базой данных Scopus**

да

**2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ**

да

**2.14. Публикация аффилирована с организацией:**

да

**2.15. В публикации:**

**В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:**

да

**Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:**

да

**Пояснения о том, какие работы выполнялись не за счет данного гранта Фонда, как это отражено в публикации (в случаях, если в тексте публикации не отражено за счет каких источников выполнялись отдельные работы – пояснения о причинах отсутствия такой информации):**

Работа выполнена по госзаданию № 0135-2016-0012 (в части описания структуры ВЕП и СГУ и построения концепции) при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-05-00357 в части сравнительной характеристики СГУ и ПГУ) и Российского научного фонда (проект № 16-17-10059, в части описания Памирского-Гималайского геодинамического узла).

**2.16. Файл с текстом публикации**

**(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РФФ; размер до 3 Мб в формате pdf)**

скачать

**2.1. Авторы публикации**

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г.

**на английском языке:** Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G..

**WoS Researcher ID (при наличии): ---**

**Scopus AuthorID (при наличии): 7003688278**

**2.2. Название публикации**

Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства

**2.3. Год публикации**

2018

#### 2.4. Ключевые слова

Геодинамика, Гиссаро-Алай, зона сочленения, подвижный пояс, структура, тектоника

#### 2.5. Вид публикации

статья

#### 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

Геотектоника

ISSN (при наличии): 0016-853X

e-ISSN (при наличии): ---

ISBN (при наличии): ---

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

#### 2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)

---

Месяц и год публикации: 02.2018

Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии): <https://elibrary.ru/item.asp?id=32388277&>

#### 2.8. DOI (при наличии)

10.7868/S0016853X18010058

Accession Number WoS (при наличии): ---

Scopus EID (при наличии): ---

#### 2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

---

Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации: ---

#### 2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection

да

#### 2.11. Импакт-фактор издания

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

2.379

#### 2.12. Издание индексируется базой данных Scopus

да

#### 2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ

да

#### 2.14. Публикация аффилирована с организацией:

да

#### 2.15. В публикации:

В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:

да

Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:

нет

## 2.16. Файл с текстом публикации

(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РНФ; размер до 3 Мб в формате pdf)

скачать

## 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г.

**на английском языке:** Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.

**WoS Researcher ID (при наличии):** ---

**Scopus AuthorID (при наличии):** 7003688278

## 2.2. Название публикации

Гиссаро-Алай и Памир: сочленение и положение в системе подвижных поясов Центральной Азии

## 2.3. Год публикации

2018

## 2.4. Ключевые слова

Геодинамика, Гиссаро-Алай, зона сочленения, Памир, подвижный пояс, структура, тектоника

## 2.5. Вид публикации

статья

## 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

Геотектоника

**ISSN (при наличии):** 0016-853X

**e-ISSN (при наличии):** ---

**ISBN (при наличии):** ---

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

## 2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)

№1. С.73-87.

**Месяц и год публикации:** 01.2018

**Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):**  
<https://elibrary.ru/item.asp?id=32388277>

## 2.8. DOI (при наличии)

10.7868/S0016853X18010058

**Accession Number WoS (при наличии):** ---

**Scopus EID (при наличии):** ---

## 2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

---

**Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации:** ---

## 2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection

да

## 2.11. Импакт-фактор издания

---

## 2.12. Издание индексируется базой данных Scopus

да

## 2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ

да

## 2.14. Публикация аффилирована с организацией:

да

## 2.15. В публикации:

В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:

да

Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:

нет

## 2.16. Файл с текстом публикации

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РФФИ; размер до 3 Мб в формате pdf)*

скачать

---

4

---

## 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Пржиялговский Е.С., Баталева Е.А., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Рыбин А.К.

**на английском языке:** Przhialgovskii E.S., Bataleva E.A., Lavrushina E.V., Leonov M.G., Rybin A.K.

**WoS Researcher ID (при наличии):** ---

**Scopus AuthorID (при наличии):** 6508154820

## 2.2. Название публикации

Строение и тектоническая эволюция Кочкорской впадины (Тянь-Шань) с учетом новых данных МТЗ

## 2.3. Год публикации

2018

## 2.4. Ключевые слова

Кочкорская впадина, МТЗ, тектоническая эволюция, фундамент

## 2.5. Вид публикации

иное

## 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума.

Бишкек: ИС РАН

**ISSN (при наличии):** ---

**e-ISSN (при наличии):** ---

**ISBN (при наличии):** 978-9967-12-752-4

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

## 2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)

с.105-112

Месяц и год публикации: 12.2018

Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):

---

## 2.8. DOI (при наличии)

---

Accession Number WoS (при наличии): ---

Scopus EID (при наличии): ---

## 2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

да

Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации: ---

## 2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection

нет

## 2.11. Импакт-фактор издания

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

---

## 2.12. Издание индексируется базой данных Scopus

нет

## 2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ

да

## 2.14. Публикация аффилирована с организацией:

да

## 2.15. В публикации:

В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:

да

Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:

да

**Пояснения о том, какие работы выполнялись не за счет данного гранта Фонда, как это отражено в публикации (в случаях, если в тексте публикации не отражено за счет каких источников выполнялись отдельные работы – пояснения о причинах отсутствия такой информации):**

Палеотектонические построения сделаны по планам и при поддержке госзадания № 0135-2016-0012 и Проекта РФФИ № 16-05-00357.

## 2.16. Файл с текстом публикации

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РФФ; размер до 3 Мб в формате pdf)*

скачать

## 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В.

**на английском языке:** Przhialgovskii E.S, Lavrushina E.V.

WoS Researcher ID (при наличии): ---  
Scopus AuthorID (при наличии): 6508154820

**2.2. Название публикации**

Позднеальпийские структурные ансамбли Тянь-Шаня и их иерархическая соподчиненность

**2.3. Год публикации**

2018

**2.4. Ключевые слова**

структура, Тянь-Шань, тектоника, фундамент, иерархия

**2.5. Вид публикации**

иное

**2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)**

Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума.

Бишкек: ИС РАН

ISSN (при наличии): ---

e-ISSN (при наличии): ---

ISBN (при наличии): 978-9967-12-752-4

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

**2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)**

с. 54-62

Месяц и год публикации: 12.2018

Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):

---

**2.8. DOI (при наличии)**

---

Accession Number WoS (при наличии): ---

Scopus EID (при наличии): ---

**2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)**

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

да

Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации: ---

**2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection**

нет

**2.11. Импакт-фактор издания**

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

---

**2.12. Издание индексируется базой данных Scopus**

нет

**2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ**

да

**2.14. Публикация аффилирована с организацией:**

да

### 2.15. В публикации:

В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:

да

Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:

да

**Пояснения о том, какие работы выполнялись не за счет данного гранта Фонда, как это отражено в публикации (в случаях, если в тексте публикации не отражено за счет каких источников выполнялись отдельные работы – пояснения о причинах отсутствия такой информации):**

При финансовой поддержке Проектов РФФИ № 16-05-00357 (изучение эволюции структур осадочных бассейнов) и Проекта 0135-

2018-0046 Программы президиума РАН № 47 (анализ инфраструктуры гранитных протрузий).

### 2.16. Файл с текстом публикации

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РФФИ; размер до 3 Мб в формате pdf)*

скачать

---

6

---

### 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Матюков В.,

Забинякова О.Б.

**на английском языке:** Rybin A., Bataleva E., Morozov Yu., Leonov M., Przhialgovski E., Matukov V. and Zabinyakova

O.

**WoS Researcher ID (при наличии):** ---

**Scopus AuthorID (при наличии):** 7004974571

### 2.2. Название публикации

Zones of concentrated deformation in the Central Tien Shan: geoelectric images and tectonic interpretation

### 2.3. Год публикации

2018

### 2.4. Ключевые слова

magnetotelluric soundings, Central Tien Shan, tectonic

### 2.5. Вид публикации

тезисы

### 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

Abstract, 24th EM Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018

**ISSN (при наличии):** ---

**e-ISSN (при наличии):** ---

**ISBN (при наличии):** ---

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

### 2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)

---

**Месяц и год публикации:** 08.2018

**Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):**

---

## 2.8. DOI (при наличии)

---

Accession Number WoS (при наличии): ---

Scopus EID (при наличии): ---

## 2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

---

Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации: ---

## 2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection

---

## 2.11. Импакт-фактор издания

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

---

## 2.12. Издание индексируется базой данных Scopus

---

## 2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ

---

## 2.14. Публикация аффилирована с организацией:

да

## 2.15. В публикации:

В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:

да

Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:

нет

## 2.16. Файл с текстом публикации

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РФФ; размер до 3 Мб в формате pdf)*

скачать

## 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А.

**на английском языке:** Rybin A.K., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.

WoS Researcher ID (при наличии): ---

Scopus AuthorID (при наличии): 7004974571

## 2.2. Название публикации

Определение изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газе термоминеральных источников Центрального Тянь-Шаня

## 2.3. Год публикации

2018

## 2.4. Ключевые слова

Изотопы гелия, подземные флюиды, минеральные источники, тепловой

поток, тектонические структуры, проницаемость коровых структур, геодинамическая активность

**2.5. Вид публикации**

иное

**2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)**

НС РАН, Бишкек

**ISSN (при наличии):** ---

**e-ISSN (при наличии):** ---

**ISBN (при наличии):** 978-9967-12-752-4

**Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет**

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

**2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)**

---

**Месяц и год публикации:** 12.2018

**Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):**

---

**2.8. DOI (при наличии)**

---

**Accession Number WoS (при наличии):** ---

**Scopus EID (при наличии):** ---

**2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)**

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

---

**Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации:** ---

**2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection**

нет

**2.11. Импакт-фактор издания**

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

---

**2.12. Издание индексируется базой данных Scopus**

нет

**2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ**

нет

**2.14. Публикация аффилирована с организацией:**

да

**2.15. В публикации:**

**В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:**

да

**Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:**

нет

**2.16. Файл с текстом публикации**

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные*

## 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забинякова О.Б., Нелин В.О.

**на английском языке:** Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.

**WoS Researcher ID (при наличии):** ---

**Scopus AuthorID (при наличии):** 7004974571

## 2.2. Название публикации

Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных

## 2.3. Год публикации

2018

## 2.4. Ключевые слова

электропроводность, магнитотеллурическое зондирование, геоэлектрическая модель, геодинамическая система, Тянь-Шань

## 2.5. Вид публикации

статья

## 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

ДАН

**ISSN (при наличии):** ---

**e-ISSN (при наличии):** ---

**ISBN (при наличии):** ---

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: да

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

## 2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)

Т. 479. № 5. С. 565-568.

**Месяц и год публикации:** 04.2018

**Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):**  
<https://elibrary.ru/item.asp?id=32825735>

## 2.8. DOI (при наличии)

10.7868/S0869565218110191

**Accession Number WoS (при наличии):** ---

**Scopus EID (при наличии):** ---

## 2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

---

**Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации:** ---

## 2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection

да

### 2.11. Импакт-фактор издания

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

0.942

### 2.12. Издание индексируется базой данных Scopus

да

### 2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ

да

### 2.14. Публикация аффилирована с организацией:

да

### 2.15. В публикации:

**В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:**

да

**Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:**

нет

### 2.16. Файл с текстом публикации

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РНФ; размер до 3 Мб в формате pdf)*

скачать

---

9

---

### 2.1. Авторы публикации

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г.

**на английском языке:** Rybin A.K., Leonov M.G., Przhialgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G. G.

**WoS Researcher ID (при наличии):** ---

**Scopus AuthorID (при наличии):** ---

### 2.2. Название публикации

Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях

### 2.3. Год публикации

2018

### 2.4. Ключевые слова

Памир, Тянь-Шань, геофизические поля, структурно-морфологические ансамбли

### 2.5. Вид публикации

статья

### 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

Вестник СПб ГУ.

**ISSN (при наличии):** 2541-9668

**e-ISSN (при наличии):** ---

**ISBN (при наличии):** ---

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: нет

**2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)**

---

**Месяц и год публикации:** 12.2018

**Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии):**

---

**2.8. DOI (при наличии)**

---

**Accession Number WoS (при наличии):** ---

**Scopus EID (при наличии):** ---

**2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)**

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

да

**Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации:** скачать

В формате pdf, до 3 Мб, в том числе электронное письмо.

**2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection**

да

**2.11. Импакт-фактор издания**

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

---

**2.12. Издание индексируется базой данных Scopus**

да

**2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ**

да

**2.14. Публикация аффилирована с организацией:**

да

**2.15. В публикации:**

**В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:**

да

**Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:**

нет

**2.16. Файл с текстом публикации**

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РНФ; размер до 3 Мб в формате pdf)*

скачать

**2.1. Авторы публикации**

Указываются в порядке, приведенном в публикации в формате Фамилия И.О., Фамилия2 И2.О2., ...

**на русском языке:** Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А.

**на английском языке:** Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.

**WoS Researcher ID (при наличии):** ---

**Scopus AuthorID (при наличии):** 7004974571

## 2.2. Название публикации

Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны

## 2.3. Год публикации

2019

## 2.4. Ключевые слова

Магнитотеллурическое зондирование, геоэлектрическая модель, электропроводность, сейсмичность, литосфера, Памир, Тянь-Шань

## 2.5. Вид публикации

статья

## 2.6. Название издания (для монографий также указываются название издательства, город)

Геология и геофизика

ISSN (при наличии): 0016-7886

e-ISSN (при наличии): ---

ISBN (при наличии): ---

Издание индексируется базой данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus) и входит в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по Scopus SJR: да

Принадлежность издания к Q1 определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>.

## 2.7. Выходные данные публикации (номер, том, выпуск, страницы, реквизиты документа о регистрации исключительных прав)

---

Месяц и год публикации: ---

Адрес полнотекстовой электронной версии публикации (URL) в открытом источнике (при наличии): <http://sibran.ru/journals/GiG/>

## 2.8. DOI (при наличии)

10.15372/GiG2019008

Accession Number WoS (при наличии): ---

Scopus EID (при наличии): ---

## 2.9. Принята к публикации (указывается в случае официального принятия к публикации в последующих изданиях, положительного решения о регистрации исключительных прав)

Для принятых к публикации материалов п. 2.7 не заполняется.

да

Письмо из редакции или издательства с извещением о принятии рукописи к публикации: [скачать](#)

В формате pdf, до 3 Мб, в том числе электронное письмо.

## 2.10. Издание индексируется базой данных Web of Science Core Collection

да

## 2.11. Импакт-фактор издания

По JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, для Scopus – CiteScore (при отсутствии индексирования в Web of Science Core Collection).

2.138

## 2.12. Издание индексируется базой данных Scopus

да

## 2.13. Издание индексируется базой данных РИНЦ

да

## 2.14. Публикация аффилирована с организацией:

да

**2.15. В публикации:**

В качестве источника финансирования исследования указан грант Российского научного фонда:

да

Указаны иные источники финансирования (в том числе указаны несколько грантов Российского научного фонда), помимо данного гранта Российского научного фонда:

нет

**2.16. Файл с текстом публикации**

*(материалы, доступные в открытом доступе, можно не размещать; для монографий представляются отдельные страницы с выходными данными и информацией о поддержке РНФ; размер до 3 Мб в формате pdf)*

скачать

Подпись руководителя проекта \_\_\_\_\_ /А.К. Рыбин/

Итоговый отчет о выполнении проекта  
№ 16-17-10059

«Взаимосвязь тектонических и морфологических характеристик верхнекоровых структур внутриконтинентальных орогенов с глубинным строением, минерагенией и геологическими рисками (на примере Тянь-Шаня).»

*(представляется в последний год практической реализации проекта вместе с отчетом о выполнении проекта)*

**5.1. Заявленный в проекте план работы на весь срок выполнения проекта, предлагаемые методы и подходы (в соответствии с исходной заявкой на участие в конкурсе)**

Предлагаемые методы и подходы:

- Проведение исследований на различном пространственно-временном уровне размерности: от изучения микро- и мезо-структур (размерность шлифа, образца, обнажения) и кратковременных (в геологическом понимании) событий (землетрясения, обвалы, оползни, кратковременные объемные смещения горных масс) до мегаструктур (размерность горных хребтов и их систем) и процессов длительного развития (перемещение плит мега-блоков земной коры, деформация подвижных поясов);
- Совокупный анализ поверхностной структуры, морфологии и глубинного строения территории, осуществляемый с помощью дешифрирования космоснимков, полевых разномасштабных геолого-геофизических структурных исследований, морфоструктурного анализа, статистической обработки ориентировок разломов и трещин, микроструктурного анализа кристаллических толщ;
- Выявление в глубинных тектонических структурах Тянь-Шаня трещиноватых проницаемых зон, определяемых эманациями мантийного гелия и служащих каналами для миграции мантийных флюидов.
- Изучение коровых и верхнемантийных горизонтов методами дистанционных зондирований (сейсмика, магнитотеллурика, GPS-измерения и пр.).
- Проведение лабораторного физического эксперимента и привлечение данных мезомеханики и механики гранулированных сред.
- Анализ существующих физических и расчетных моделей, отражающих формирование тектонических структур.
- Выявление геодинамических ансамблей, типоморфных для подвижных поясов различных регионов Земли.
- Корреляция выделенных типоморфных ансамблей с минерагеническими особенностями и степенью геозекологических рисков.
- Построение описательных, графических, аналоговых и цифровых моделей частных структур, их парагенезов и ансамблей, отдельных сегментов и горного сооружения Тянь-Шаня в целом.

Общий план работ на весь срок выполнения проекта:

- Сбор, анализ и обобщение существующих на сегодняшний день геолого-геофизических материалов по всем аспектам поставленных в проекте задач (2016 г.).
- Подбор новых публикуемых данных и их предварительная интерпретация (2016 г. – первая половина 2017 г.).
- Проведение полевых работ на ключевых объектах: геокартирование, структурные геолого-геофизические исследования, отбор каменного материала для проведения литолого- петрографических, петрологических, изотопно-геохронологических и других видов прецизионных исследований (летние сезоны 2016–2018 гг.).
- Обработка каменного материала, литолого-петрографические, петрологические, изотопно-геохронологические и другие виды прецизионных исследований (2016–2018 гг.).
- Построение промежуточных рабочих геофизических, тектонических и геодинамических моделей ключевых объектов (2016 – первая половина 2018 гг.).
- Выявление и характеристика типоморфных структурно-геодинамических парагенезов механизмов и геодинамических режимов регионального и надрегионального плана, ответственных за становление и тектоническую эволюцию консолидированной земной коры Тянь-Шаня (2017- 2018 гг.).
- Построение обобщающей модели строения и геодинамической эволюции изученной территории (2018 г.).

Ожидаемые результаты:

- Выявление и комплексная геолого-геофизическая характеристика типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей (ТА), определяющих особенности современной структуры и эволюции внутриконтинентальных орогенов.
- Определение механизмов формирования ТА с учетом структурной дисгармонии на главных поверхностях раздела

коры и литосферы (чехол/фундамент, внутрикоровые разделы, поверхность М).

- Сравнительная характеристика ТА, соответствующих различным типам коры и разным сегментам орогена.
- Построение описательных, графических и расчетных двух- и трехмерных моделей поверхностной и глубинной структуры региона.
- Определение места типоморфных ансамблей в общей структуре орогенного пояса Тянь-Шаня и их фундаментального значения для понимания строения и эволюции внутриконтинентальных орогенов Евразийского континента.
- Корреляция ТА с особенностями минерагии и уровнем геоэкологических рисков.
- Подготовка к печати 2 монографий: коллективной монографии (рабочее название - «Граниты: постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал») и монографии В.Ю. Баталева (рабочее название - «Структурно-вещественная модель литосферы Центрального Тянь-Шаня: интерпретация геоэлектрических параметров»).
- Подготовка к печати и публикация серии из 9 статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science: Journal of Geodynamics (Impact Factor - 2,217), Journal of Asian Earth Sciences (Impact Factor - 2,74); Геотектоника (Impact Factor - 1,275), Бюл. МОИП (Impact Factor - 0,153), Доклады АН (Impact Factor - 0.392), Геология и геофизика (Impact Factor - 1.050), Физика Земли (Impact Factor - 0.405) и др.

## **5.2. Содержание фактически проделанной работы, полученные результаты (за все годы, не более 10 стр.)**

В ходе 3-х летнего периода реализации исследований по Проекту, в силу поступления в процессе исследования новых данных и необходимости решения вновь возникающих задач, некоторому изменению, уточнению и корректировке подверглись исследовательские акценты в отношении плана работ и ожидаемых результатов, которые были обозначены при подготовке заявки в 2015 году. В связи с этим в итоговом отчете по проекту представлены наиболее значимые с позиций реализации проекта результаты выполненных работ и вытекающие из них положения и выводы.

### **1. Сбор, анализ и обобщение геолого-геофизических материалов по всем аспектам поставленных в проекте задач**

В течение реализации всего проекта проводился анализ и обобщение существующих на сегодняшний день геолого-геофизических материалов по всем аспектам поставленных в проекте задач. В анализ были вовлечены данные личных исследований исполнителей проекта и обширный библиографический материал.

(а) - Анализ геолого-геофизических данных по Гиссаро-Алайско-Памирскому региону проводился с целью разработки комплексной геолого-геофизической модели альпийской геодинамики региона.

В анализ были вовлечены данные личных исследований исполнителей проекта и обширный (более 300 источников) библиографический материал.

В результате выполненного комплексного сравнительного анализа геолого-геофизических материалов осуществлен синтез геолого-геофизических данных по Гиссаро-Алайско-Памирскому региону, основу которого составляют следующие базовые положения:

- Памир и Гиссаро-Алай различаются по морфоструктуре, геометрии, тектоническому стилю, кинематике, последовательности событий, магматизму, глубинному строению, проявлению новейшего орогенеза.
- Гиссаро-Алай и Памир, являясь составными частями единого новейшего орогена, принадлежат разным геодинамическим провинциям: Гиссаро-Алай – Центрально-Азиатскому поясу, Памир – Альпийско-Гималайскому.
- Признаков геодинамического влияния Памира, испытывающего перемещение в северном направлении, на структуру Гиссаро-Алая не обнаруживается: давление Памира гасится в области межгорных Алайской, частично Таджикской и Таримской впадин и хребтов Петра I и Заалайского, которая является зоной аккомодации (демпфера) тектонических сил и напряжений, идущих с юга.
- Памиро-Алай – это отражение геодинамической обстановки встречного движения (объемного течения горных масс) нескольких сегментов континентальной литосферы, а Памир фиксирует на поверхности область встречной интраконтинентальной субдукции.

Результаты аналитической работы, синтез геолого-геофизических данных для Гиссаро-Алайско-Памирского региона и использованный фактический материал детально отражены в изданной монографии и публикациях по проекту:

Леонов М. Г., Рыбин А. К., Баталев В. Ю., Баталева Е.А., Матюков В. Е., Щелочков, Г. Г. Гиссаро-Алай и Памир.

Сравнительная характеристика и геодинамика // М.: ГЕОС, 2017, 132 С.

Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Тектоническое строение и эволюция Гиссаро-Алая и Памира // Геотектоника. 2017. № 6. С.37-57.

(б) - Синтез данных по постмагматической тектонике гранитов Тянь-Шаня, их роли в становлении альпийской структуры региона и сопоставление структур постстумной дезинтеграции и морфоструктур других массивов молодых и древних платформ.

В анализ были вовлечены данные личных исследований исполнителей проекта и литературные источники (около 250). В результате выполненных работ были сформулированы следующие базовые положения:

- (1) гранитные массивы испытали интенсивную постмагматическую тектоническую переработку, которая выражена в их объемной дезинтеграции в различных формах ее проявления;
- (2) граниты являются субстанцией, наиболее легко подверженной дезинтеграции как на уровне прототектонических, так и последующих тектонических процессов, что способствует их переходу в разряд дискретных (гранулированных) сред и, как следствие, уменьшает их вязкость и увеличивает потенциальную возможность их квазипластического течения;
- (3) морфоструктурным выражением этих процессов является образование пликативных изгибов поверхности фундамента, складок, куполов и кристаллических протрузий, что свидетельствует о существенной тектонической трансформации доорогенной морфоструктуры;
- (4) механизмом подвижности дезинтегрированных гранитов является реидная деформация, включающая пластическое, вязкопластическое, катакластическое и другие виды течения твердых тел;
- (5) главными факторами, ответственными за поведение гранитов в пределах верхней коры региона на плитном и орогенном этапах и их эксгумацию, являются высокая объемная подвижность пород;
- (6) логика развития процесса течения, физическое и численное моделирование свидетельствуют, что вертикальные потоки вещества, возникающие в условиях нестационарного напряженного состояния, неотъемлемо сопряжены с потоками латеральными, и совместно они образуют единую геодинамическую систему, из чего следует, что возникновение мегаскладок поверхности фундамента связаны с объемным перераспределением (вертикальным и латеральным) горных масс на стадии альпийской активизации Тянь-Шаня.

Результаты исследования различных аспектов постмагматической тектоники гранитов Тянь-Шаня и библиография по этой тематике отражены в главах изданной монографии и публикациях проекта:

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал // М.: ГЕОС, 2018. 330 с.

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. Гранитные островные горы: морфология, тектоническая структура и генезис // Геоморфология. 2017. № 3. С. 3–15.

Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417–436.

2. Полевые работы на ключевых объектах: структурно-геологическое картирование, геоэлектрические исследования методом МТЗ. Построение геолого-геофизических разрезов и эволюционно-тектонических моделей ключевых объектов в пределах региональных зон концентрации новейших деформаций

Полевые работы в бортовых зонах Чуйской, Кочкорской, Нарынской, Атбашинской впадин включали структурно-геологические исследования и определение геоэлектрических параметров по методике МТЗ, которые на многих объектах проводились в комплексе.

Структурно-геологические полевые исследования включали: детальное картирование ключевых участков (опубликовано около 20 разномасштабных карт и детальных схем); описание и графическую систематизацию данных по морфологии и ориентировке тектонических структур; программный статистический анализ трещиноватости и кинематических индикаторов деформации (обработаны данные примерно с 350 площадок замеров); петрографическое изучение микроструктур и минеральных преобразований палеозойских гранитов и других пород фундамента (более 150 шлифов); сопоставление литологических разрезов в бортовых частях впадин и определение структурных несогласий.

Профильные магнитотеллурические зондирования выполнялись станциями Phoenix Geophysics MTU-5 в частотном диапазоне от 400 Гц до 0.0005 Гц. При этом использовалась стандартная пятиканальная измерительная установка с длиной электрических диполей 50 м. Первичная обработка полевых данных МТЗ с помощью стандартной для аппаратуры MTU-5 программного комплекса SSMT2000. Дополнительно проводилась проверка выполнения дисперсионных соотношений второго рода, связывающего кажущиеся сопротивления и фазы импеданса. На этапе количественной интерпретации профильных данных МТЗ использовалась программа двумерной инверсии Rodi-Mackie. В 2016-2017 гг. детальные магнитотеллурические зондирования были осуществлены по 2-м локальным профилям, секущим южный борт Кочкорской впадины (рис. 1). На профиле А - Б, заложенном по р. Курчак-Укок выполнено 23 зондирования с шагом от 150 до 250 м, на профиле В - Г, заложенном по р. Укок – 28 пунктов наблюдения с тем же шагом.

В 2016 г. был выполнен профиль МТЗ Карабук длиной около 70 км, секущий систему «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» в субмеридиональном направлении с шагом между пунктами зондирования около

2 км (рис. 2).

Комплексными геолого-геофизическими исследованиями в Кочкорской впадине был охвачен обширный участок ее южного борта (30 x 8 км) - полоса новейших деформаций кайнозойских отложений гранитного фундамента – сегмент Южнокочкорской зоны концентрированной деформации (ЗКД). Для этого участка была составлена детальная структурно-геологическая карта, построена серия геологических разрезов и рассчитаны количественные двумерные геоэлектрические модели по 2-м локальным профилям МТЗ.

Вся толща кайнозойских дочетвертичных отложений в центральном, наиболее стратиграфически полном разрезе в районе р. Биже была разделена на 10 пачек, хорошо различающихся по литологическим признакам. Первая пачка соответствует красноцветным отложениям киргизской серии, а остальные представляют вышележащую толщу неогеновых пород – кочкорскую свиту. Для детального описания деформаций в чехольном комплексе помимо сопоставления разрезов по наиболее устойчивым литологическим признакам нами применялась методика непосредственного прослеживания маркирующих горизонтов в процессе картирования ключевых участков. На рис. 1 показаны геоэлектрические разрезы (с элементами геолого-тектонической интерпретации) для двух профилей, пересекающих в поперечном направлении южный борт Кочкорской впадины на участке Укок. Расстояние между профилями около 4-х км и для проведения сравнительного анализа разрезов, а в дальнейшем для создания объёмной модели участка, при инвертировании данных использовались одинаковые настройки 2D-инверсии по обоим профилям.

Отметим основные особенности геоэлектрической структуры верхнекоровых комплексов пород, которые выявлены в построенных профильных геоэлектрических разрезах на участке Укок.

Фактор геоэлектрической двумерности Южно-Кочкорской зоны на участке Укок (установленный при сравнении данных по двум соседним профилям) очевидно, не может быть распространен в полной мере на отдельные разломы. Южный борт Кочкорской впадины в основном представлен блочно-дезинтегрированными массивами гранитов, в которых разломы не протягиваются в виде единых плоскостей вдоль всего борта впадины. Они могут быть смещены по поперечным разломам, сливаться с соседними, ветвиться или исчезать, хотя в целом зона деформации сохраняет свои электрические характеристики. Таким образом, увеличение или уменьшение по простиранию суммарной электропроводности отдельных зон разломов, а также изменение их геометрии, которое наблюдается при сопоставлении полученных разрезов является вполне объяснимым. В геоэлектрических моделях по профилям отмечается некоторое сходство электропроводящих структур, обозначенных цифрами (1-6). Различия моделей определяются в основном размерами проводящих тел, таких как например, субвертикальные зоны (1) и (3). Они присутствуют в обоих разрезах, но их размеры отличаются значительно.

Исторически подходы к интерпретации геоэлектрических разрезов, построенных через прибортовые зоны межгорных впадин Тянь-Шаня, опирались на гипотезу о поднадвиговых осадках [Park et al., 2003]. Однако с получением новых данных построены альтернативные модели повышенной электропроводности прибортовых зон. Простирание тектонической структуры Южно-Кочкорской зоны, как совокупности составляющих её тектонических элементов, по геологическим наблюдениям на участке Укок составляет 60-65° (рис. 19). На такое же простирание избыточных электрических токов по магнитовариационным данным для периода  $T=10$  с указывает ориентация реальных векторов Визе, располагающихся ортогонально основным проводящим структурам. Простирание электрических структур, «strike» по данным всех пунктов наблюдений для двух профилей в интервале периодов 10-100 с, показанное двойной стрелкой на (рис. 19), составляет также 60-65°. Соответственно, эти профильные наблюдения обосновывают высокую степень двумерности рассматриваемого участка и позволяют предположить, что основные электропроводящие структуры являются общими для рассматриваемых моделей. При сопоставлении геоэлектрических моделей по профилям наблюдается сходство электропроводящих структур (6), (5), (4), соответствующих осадочному чехлу Кочкорской впадины и Южно-Кочкорскому разлому. Различия моделей определяются, в основном, размерами и соотношением проводимости субвертикальных зон (1), (2) и (3), обусловленных зонами динамического влияния второстепенных разломов, зонами трещиноватости и катаклаза блочно-дезинтегрированных массивов гранитов. Эти проводящие тела присутствуют в обоих разрезах, но отличаются по размерам, и уверенно трассировать их сложно. Составленные геологические разрезы (4 разреза), два из которых дублируются профилями МТЗ, и геологическое строение, отображенное на карте, позволяют охарактеризовать 3D структуру слоев осадочного чехла на всем протяжении исследованного сегмента Южнокочкорской ЗКД (рис. 3 и 4). Характерной чертой строения верхней коры рассмотренного сегмента ЗКД является отчетливое различие структур фундамента, включая деформацию пластичную и частично блочную деформацию его поверхности и структур осадочного чехла, важную роль среди которых играют бескорневые детачменты и надвиго-складчатые зоны торшения. Наблюдается классический парагенез структур крутых бортов впадин, обозначаемый в англоязычной литературе как «fault-bend-folding» [Suppe, 1983], и предполагающих хрупкое дробление фундамента: крутой взброс в борту впадины инициирует развитие пологих надвигов и коробление слоев в его фронте внутри толщ осадков чехла. С получением новых данных построена

альтернативная модель строения прибортовой зоны. Детачменты и структуры торшения «fault-bend-folding» формируются при пластичной деформации кровли фундамента в крутом борту впадины при незначительном «наплывании» фундамента на чехол. Структуры дезинтеграции и деформации палеозойских гранитов борта Кочкорской впадины, описанные на разных масштабных уровнях, позволяют определить ведущий механизм их деформации в конце кайнозойского этапа как катакластическое течение. Прослеживание в геоэлектрических моделях структур дезинтеграции от поверхности до глубин 2 – 3 км и пластичный характер деформаций ложа впадин определяют минимальные глубины проявления этого течения.

Подробно результаты комплексных геолого-геофизических исследований в Кочкорской впадине отражены в статье: Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436.

Для территории эталонного объекта Центрального Тянь-Шаня – геодинамической системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо – Атбашинская впадина» на основе новых данных детального структурно-геологического картирования и геофизических исследований методом магнитотеллурического зондирования по профилю Карабук был построен геолого-геофизический разрез и проведен сравнительный анализ поверхностного и глубинного строения. На рис. 2 показано расположение профиля и представлены геологический поперечный разрез этой зоны и двумерная геоэлектрическая модель вдоль магнитотеллурического профиля Карабук. При этом построенный профильный геоэлектрический разрез достаточно хорошо согласуется с результатами геологических исследований.

Отметим основные детали в характеристиках поверхностной и глубинной структуры. Показанные в геологическом разрезе Нарынской впадины «скрытые» разломные структуры фундамента, в геоэлектрической модели отображены наклонными и субвертикальными проводящими объектами шириной до 1.5-2 км. Внутренним поднятиям фундамента в Нарынской впадины - структуры (1-3) геологического разреза, также четко отображены в геоэлектрической модели в виде соответствующих блоков (1-3). Линейный выступ, разделяющего впадины палеозойского хребта Байбичетоо (4), который является одной из ключевых структур геологического разреза, занимает центральное место и в геоэлектрическом разрезе, где он представлен высокоомным объектом с наклоном к северо-западу, шириной порядка 10 км, с глубиной залегания до верхней кромки проводящего слоя в коре. Коровый проводящий слой спорадически распространен в средней-нижней коре на территории всего Тянь-Шаня, его глубина залегания в районе исследования соответствует глубинам 25-30 км.

Основные структурные элементы поверхности фундамента и осадочного чехла Атбашинской впадины по сравнению с Нарынской впадиной в геологическом разрезе имеют более сложный характер. О чем свидетельствует и наличие в геоэлектрической модели проводящей структуры (5) и изолятора (6), предсказанные в глубинном геологическом разрезе. Атбашинская впадина повторяет черты Нарынской с южным пологим крылом и крутым северным, оборванным серией разломов. В геоэлектрической модели северная граница с хребтом Байбичетоо представлена наклонной проводящей структурой до глубин 20 и более километров. При этом вергентность проводящих (разломных) структур, ограничивающих высокоомный выступ хребта Байбичетоо в геоэлектрической модели, не согласуется с вергентностью соответствующих структур геологического разреза. Однако корреляция проводящих объектов геоэлектрической модели и разломных структур, ограничивающих Атбашинскую впадину как с севера, так и с юга, очень высокая. Отметим, что аномалии электропроводности, представленные в геоэлектрической модели профиля Карабук в виде субвертикальных проводящих объектов с простираем вдоль бортов впадин, могут быть обусловлены зонами динамического влияния разломов и катаклаза гранитов.

Результаты данного пункта подробно изложены в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов, в статьях и монографии:

Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417 – 436;

Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПб ГУ. 2018. Вып. 4.;

Пржиялговский Е.С., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К., Лаврушина Е.В., Баталева Е.А. «Тектоническая структура переходных зон «впадина/поднятие» Северного Тянь-Шаня». ДАН (статья сдана в редакцию);

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

3. Исследование изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газовой смеси из термоминеральных источников Тянь-Шаня. В рамках проекта был запланирован и осуществлен в 2018 г. отбор проб спонтанно выделяющегося газа в

термоминеральных источниках, расположенных на территории Восточного Тянь-Шаня (источники Достук и Карабук – зона южного борта Нарынской впадины, источники Арашан и Нарзан – зона Атбаши-Иныльчекского разлома) (рис. 5). Исследование изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газовой смеси из термоминеральных источников Тянь-Шаня связано с поставленной в проекте задачей возможного выявления в глубинных тектонических структурах Тянь-Шаня трещиноватых проницаемых зон, определяемых эманациями мантийного гелия и служащих каналами для миграции мантийных флюидов. С помощью лабораторного определения величины отношения содержания изотопов гелия  $R = ^3\text{He}/^4\text{He}$  для проб газа из термоминеральных источников может быть установлена проницаемость электропроводящих тел в разрезе, глубинность коровых тектонических структур и их связь с мантийными.

Отобранные пробы анализировались в лаборатории геохронологии и геохимии изотопов Геологического института КНЦ РАН (г. Апатиты) с целью определения изотопного состава гелия с использованием масс-спектрометра МИ 1201 № 22-78 и отношения  $^3\text{He}/^4\text{He}$ . Результаты лабораторных исследований представлены в Таблице 1.

На основе анализа полученных результатов лабораторного анализа сделаны следующие выводы:

- Установлено, что источник Нарзан содержит значительный вклад мантийного гелия и практически не контаминирован атмосферным гелием.
- Подтверждены представления [Поляк и др., 1989, 1990] о существовании двух субширотных положительных изотопно-гелиевых аномалий на северном и южном флангах Восточного Тянь-Шаня – на стыках (в зонах сочленения) эпиплатформенного новейшего орогена с древними тектонически стабильными структурами – каледонским Казахским щитом и докембрийской Таримской плитой.
- Показано, что северная аномалия (в Заилийском хребте) меньше по величине  $^3\text{He}/^4\text{He}$  и как будто бы «тоньше» в поперечнике, чем южная. Определенное в южной аномалии (в газах ист. Нарзан) значение  $^3\text{He}/^4\text{He} \sim 6 \times 10^{-6}$ , как и в ист. Кызыл Белес, близко к максимальному на территории Средней Азии, и вообще свойственно районам с отсутствием активного вулканизма. Полученные в рамках проекта результаты изотопии гелия для источников Арашан и Нарзан дополняют и уточняют имеющиеся на сегодняшний день представления [Кнауф и др., 1980] о локализации возможных выходов на поверхность вулcano-плутонических образований Тяньшанского региона и ставят задачу пересмотра возраста редких в регионе вулcano-плутонических образований. Кроме того, с помощью лабораторного определения величины отношения содержания изотопов гелия  $R = ^3\text{He}/^4\text{He}$  для проб газа из термоминеральных источников может быть установлена локализация и проницаемость электропроводящих тел в разрезе, глубинность коровых тектонических структур и их связь с мантийными.

4. Выявление и характеристика типоморфных парагенезов, структурно-морфологических ансамблей (СМА) региональных структур альпийского этапа, механизмов и геотектонических режимов, ответственных за становление и тектоническую эволюцию консолидированной земной коры Тянь-Шаня.

Выделены типоморфные структурные ансамбли, составляющие общий парагенез структур позднеальпийского этапа геотектонической эволюции региона (таблица 2, рис.5) - от микроструктур пород до региональных структур.

Определены основные критерии типизации тектонических структур, продемонстрированы подходы и методы для системного описания разноранговых структурно-морфологических ансамблей. Учитывались специфика геологической среды и масштабный уровень проявления деформационных процессов. Характеристика выделенных ансамблей включала выделение типоморфных черт структур, масштабные ограничения, определение взаимосвязей со структурами иного масштаба, вероятных механизмов и времени их образования и т.п.

Была продемонстрирована иерархическая соподчиненность и взаимосвязь структур разной размерности, которая и является важнейшим критерием их генетического единства, а также синхронности или последовательности формирования. Деформационные механизмы оказываются различными для разноранговых структур и даже среди структур одной размерности. Наиболее вариативны условия формирования структур разных масштабных уровней в палеозойском фундаменте. Значительная часть структур уровня MG1 и MA1 в гранитоидах, выраженных флексурами и складками поверхности фундамента, протрузиями в осадочном чехле – все они формировались в процессе пластичного или вязкого (катакластического) течения, которое даже в условиях обстановки сжатия может сопровождаться дилатансией. Напротив, трещинные системы (MZ1) возникали в результате хрупко-упругого разрушения пород в тектонически обособленных блоках и контролировались локальными полями напряжений, возникающими при крупнообъемном течении масс пород. Микроструктуры M11 демонстрируют различные реологические условия деформации, как упруго-хрупкие (трещины, прожилки), так и пластичные (зоны рекристаллизации, брекчии, ультрамилониты).

Созданы графические и описательные структурные модели зон сочленения областей относительного опускания (межгорных впадин) и относительного поднятия (выступов фундамента) Северного Тянь-Шаня на ключевых участках, где проводились полевые работы (см. предыдущий пункт). Показано, что эти зоны являются одним из устойчивых верхнекоровых структурно-морфологических парагенезов Тянь-Шаня со сходными чертами и этапностью

геологического развития. Сравнение перечисленных объектов с ранее изученными и описанными аналогичными структурами указывает на их практическое тождество и генетическое единство, отражает единый механизм геодинамического развития территории Тянь-Шаня.

Определены типы структурно-морфологических и геодинамических ансамблей (СМА и ТГА), в которых заметное участие принимают гранитные массивы фундамента. Созданы графические и описательные структурно-эволюционные модели гранитных тел протыкания (куполов и протрузий) различного масштаба, на отдельных объектах (Сусамырский массив, массивы обрамления Иссык-Кульской впадины и Киргизского хребта) соотнесенных с данными по глубинному строению.

Описание выполненных работ и полученных результатов по данному пункту изложено в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов, в монографии и в статьях:

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. Гранитные островные горы: морфология, тектоническая структура и генезис // Геоморфология. 2017. № 3.С. 3–15.;

Пржиялговский Е.С., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К., Лаврушина Е.В., Баталева Е.А. Тектоническая структура переходных зон «впадина/поднятия» Северного Тянь-Шаня // ДАН. (статья сдана в редакцию);

Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забиякова О.Б., Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПбГУ. 2018 вып. 4;

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал. М.: GEOS, 2018. Тр. ГИН РАН, вып. 619. 332 с.

5. Построение обобщающих геотектонических моделей региональных и надрегиональных структур изученной территории.

Выявление морфоструктур регионального масштаба и их отражение в данных детальнейших магнитотеллурических зондирований получено участниками проекта в результате комплексного геолого-геофизического изучения тектонических зон Тянь-Шаня: Кочкорской впадины и системы Нарынская впадина–хребет Байбичетоо–Атбашинская впадина. При этом установлена хорошая корреляция поверхностной структуры, определенной геоморфологическими и структурными методами, с глубинным геоэлектрическим разрезом в этих районах, построенным по результатам МТЗ высокого разрешения. Также определены примеры морфоструктур локально-регионального масштаба, мезо- и микромасштабов, выявленные исполнителями проекта в ходе изучения структурных особенностей тектонических блоков и породных массивов Северного Тянь-Шаня.

Проведен анализ положение горных систем Памира и Гиссаро-Алая в структуре Центральной Азии и особенности их сочленения. Показано, что их внешние очертания и тектоническая инфраструктура существенно различны. Отличие выражено в планарном рисунке: широтно-линейном для Гиссаро-Алая и дугообразном для Памира. Гиссаро-Алай логично вписывается в структуру Центрально-Азиатского пояса, Памир – в структуру Альпийско-Гималайского. При этом Памирский ороген является относительно автономным структурным сегментом земной коры, который расположен дискордантно по отношению к окружающим литосферным блокам. Большая часть Памира (по крайней мере, в объеме Северного и Центрального), по-видимому, образует гигантскую аллохтонную массу, залегающую на древнем основании Таримского блока и Афгано-Таджикского массива. Отражением зоны смыкания этих двух «жестких» сегментов земной коры является поперечный транспамирский порог, выраженный в рельефе, глубинной структуре и сейсмичности. Показано своеобразие геологического строения зоны сочленения Памира и Гиссаро-Алая (системы Таримской, Алайской и Афгано-Таджикской впадин), высказано предположение, что эта зона является демпфером, который в значительной степени нивелирует динамическое влияние Памира и более южных элементов Памирско-Пенджабского синтаксиса на структуры Гиссаро-Алая. Показано что Памир и Гиссаро-Алай – это геодинамические системы, формирование которых связано с интерференцией двух геодинамических режимов: глобального орогенеза, охватившего значительные территории Евразии и определившего черты их сходства, и региональных режимов, различных для Памира и Алая и действующих относительно независимо в пределах Центрально-Азиатского и Альпийско-Гималайского подвижных поясов. Представлены результаты комплексного изучения глубинной структуры литосферы Южного Тянь-Шаня и Памира вдоль профиля TIPAGE.

Выполнен анализ данных профильных магнитотеллурических зондирований Памиро-Алайской зоны. Рассмотрены вопросы построения двумерной геоэлектрической модели литосферы Памиро-Алайской зоны и ее характеристики. Получены новые данные о тектонической расслоенности земной коры, позволяющие дополнить и уточнить существующую геолого-геофизическую информацию о глубинном строении зоны сочленения Памира и Тянь-Шаня. Сделаны выводы о возможной природе аномальной коровой проводимости в Алайской впадине.

Описание выполненных работ и полученных результатов по данному пункту изложено в статьях и монографии: Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забиякова О.Б.,

Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПб ГУ. 2018, вып. № 4; Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства // Геотектоника. 2018. №2. С. 3-19. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Гиссаро-Алай и Памир. Сравнительно-тектонический анализ и геодинамика // М.: ГЕОС, 2017. 132 с.

6. Корреляция типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей (ТА) с особенностями минерагении и уровнем геоэкологических рисков.

Проведен сравнительно-тектонический анализ гранитных массивов (в том числе, содержащих залежи УВ) и новых данных о способах и механизмах обеспечения объемной подвижности горных масс, создана эволюционная структурно-тектоническая модель формирования скоплений УВ в пределах гранитных тел протыкания (протрузий). Оценена роль «протрузивных ловушек» в потенциальной нефтегазоносности консолидированной земной коры.

Выполнено сопоставление возможных значений внутреннего порового пространства, возникающего в массиве гранитов в результате проявления различных постумных процессов: контракции при остывании, кессонного эффекта, гидротермальных и пневматолитовых процессов, тектонических деформаций и др. Показано, что ни один из рассмотренных факторов, кроме течения дезинтегрированной (гранулированной) массы породы, сам по себе, или даже в различных сочетаниях, не может обеспечить значений пористости в гранитных коллекторах известных месторождений УВ. В тоже время реидная деформация, подготовленная предшествующими процессами дезинтеграции, может создать условия для кардинального улучшения коллекторских показателей пород, достигающих тех значений, которые свойственны природным объектам.

Результаты данного пункта изложены в сообщениях на всероссийских и международных совещаниях и симпозиумах, а также в монографии: Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал // М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

Проведенное в рамках проекта изучение геоэлектрических характеристик коровых комплексов с применением методики МТЗ по ряду профилей на ключевых сегментах различных ТГА Тянь-Шаня позволяет ставить задачу поиска непосредственных корреляционных связей сейсмичности и геоэлектрической структуры коры и верхней мантии. Результаты инверсии магнитотеллурических (МТ) и магнитовариационных (МВ) зондирований Памиро-Алайской зоны свидетельствуют о существовании зоны латерального пластического течения в земной коре под Алайской впадиной, проявившейся в виде нижнекоровой проводящей структуры, прослеживаемой на участке длиной не менее 200 км в субширотном направлении вдоль простирания Алайской впадины. На основе анализа взаимосвязи параметров геоэлектрической структуры с распределением сейсмичности исследуемой области выявлено соответствие положения гипоцентров землетрясений с энергетическим классом  $K > 11$ , произошедших на территории Памиро-Алая, с особенностями геоэлектрической структуры земной коры этого района.

Другие примеры корреляции сейсмичности и геоэлектрической структуры и предпосылки постановки задачи будущих исследований приводятся в следующем разделе итогового отчета и обсуждаются в статье: Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика (2019).

7. Публикация результатов исследований по проекту.

- Подготовлены к печати и изданы 2 монографии:

Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Гиссаро-Алай и Памир. Сравнительно-тектонический анализ и геодинамика // М.: ГЕОС, 2017. 132 С.

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал // М.: ГЕОС, 2018. 332 С.

- Подготовлены к печати 10 статей в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science) или «Скопус» (SCOPUS), из них опубликованы 9 статей и 1 статья будет опубликована в начале 2019 г.:

1. Баталева Е.А., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Новые данные о глубинном строении Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации // ДАН. 2017, том 475, № 5. С. 571-575. DOI: 10.7868/S0869565217230219

2. Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. Гранитные островные горы: морфология, тектоническая структура и генезис // Геоморфология. 2017. № 3. С. 3–15. DOI: 10.7868/S0435428117030018

3. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Тектоническое строение и эволюция Гиссаро-Алая и Памира // Геотектоника. 2017. № 6. С. 37-57. DOI: 10.7868/S0016853X17060054

4. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhivalgovskii E.S.,

- Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K.) Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436. DOI: 10.15372/GiG20180401
5. Гарецкий Р.Г., Леонов М.Г. (Garetsky R.G., Leonov M.G.) «Структуры омота» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков // ДАН. 2018. Т. 478. №5. С. 546-550. DOI: 10.7868/S0869565218050110
6. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства // Геотектоника. 2018. № 2. С. 3-19. DOI: 10.7868/S0016853X18020017
7. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: сочленение и положение в системе подвижных поясов Центральной Азии // Геотектоника. 2018. № 1. С. 79-96. DOI: 10.7868/S0016853X18010058
8. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забинякова О.Б., Нелин В.О. (Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.) Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // ДАН. 2018. Т. 479. № 5. С.565-568. DOI: 10.7868/S0869565218110191
9. Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиалговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. (Rybin A.K., Leonov M.G., Przhiyalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G.) Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПбГУ. Науки о Земле, 2018, вып. 4.
10. Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика (2019 г.) DOI: 10.15372/GiG2019008

8. Защита кандидатской диссертации молодым исследователем-участником проекта.

В 2018 году членом научного коллектива проекта Мансуровым А.Н. успешно защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по двум специальностям: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. Тема диссертационного исследования «МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПАМИРО-ТЯНЬШАНСКОГО РЕГИОНА ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ». Научный руководитель по специальности 25.00.10 – Рыбин А.К. – руководитель проекта.

#### **Все планируемые работы выполнены полностью:**

да

#### **5.3. Основные результаты выполнения проекта (не более 10 стр.)**

Детальное изложение полученных научных результатов проекта содержится в годовых отчетах за 2016, 2017 и 2018 годы. В данном разделе приведены данные, результаты и выводы, полученные в процессе выполнения исследований по проекту и являющиеся know-how исполнителей проекта.

1. Комплексная геолого-геофизическая характеристика типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей, определяющих особенности современной структуры и эволюции Тянь-Шаня и других сегментов Евразийского внутриконтинентального орогена.

Комплексная геолого-геофизическая характеристика типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей базируется на результатах построения описательных, графических и расчетных двух- и трехмерных моделей поверхностной и глубинной структуры ключевых объектов исследования Тяньшанского орогена. Данные модели созданы на основе данных полевых структурно-геологических исследований и изучения геоэлектрической структуры корово-мантийных комплексов с привлечением других имеющихся геолого-геофизических материалов. Исследования были сосредоточены на нескольких ключевых объектах Тянь-Шаня, включая сегменты региональных зон концентрированной деформации на границах внутригорных впадин – Кочкорской, Чуйской, Нарынской, Ат-Башинской. Кратко рассмотрим полученные геолого-геофизические характеристики изученных объектов.

Исследованиями в Кочкорской впадине был охвачен обширный участок ее южного борта (30 x 8 км) - полоса новейших деформаций кайнозойских отложений гранитного фундамента, т.н. сегмент Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации (ЗКД). Для этого участка была составлена детальная структурно-геологическая карта, построены серия геологических разрезов и двумерные геоэлектрические модели по двум профилям

магнитотеллурического зондирования. В результате изучены структуры кайнозойского осадочного чехла, определено положение и возрастные интервалы проявления структурных несогласий, определены типы контактов «фундамент/чехол» и особенности проявления новейших деформаций (систем трещиноватости, микроструктур) в породах фундамента.

На разрезах, построенных по геолого-геофизическим данным, продемонстрированы деформации ложа впадины, имеющие преимущественно складчатый характер, и сложный парагенез разрывных и складчатых структур в вышележащем осадочном чехле. Последние включают складки осадочных толщ, конформные поверхности пенепленизированного фундамента, разломы, проникающие в чехол из фундамента, а также пологие межпластовые detachments и связанные с ними складчато-надвиговые структуры. Установлено, что образование приповерхностных надвиговых структур в осадочном чехле обусловлено, в частности, катаклическим течением и перераспределением объемов дезинтегрированного гранитного фундамента. При подобном механизме деформаций суммарные амплитуды надвиговых смещений в центральных частях впадины превышают величину поперечного сближения ее бортов.

Подробнее результаты комплексных исследований Кочкорской впадины отражены в материалах конференций и статьях: Баталева Е.А., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Новые данные о глубинном строении Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации // ДАН. 2017, том 475, № 5. С. 571-575. DOI: 10.7868/S0869565217230219; Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436. DOI: 10.15372/GiG20180401

Новые магнитотеллурические данные, полученные по профилю Карабук, пересекающему в поперечном направлении геодинамическую систему Нарынская впадина – хребет Байбичетоо – Атбашинская впадина (Центральный Тянь-Шань) позволили получить распределение электропроводности верхнекорового и корово-мантийного уровней вдоль линии профиля. Геоэлектрические характеристики были сопоставлены с опубликованными ранее данными о тектонической структуре района исследований [Морозов и др., 2014] и новыми материалами детального структурно-геологического картирования в районе хр. Байбичетоо.

При этом отмечается хорошее соответствие геологических и геофизических данных друг другу, прежде всего - в пределах структур осадочного чехла Нарынской впадины (рис. 2). Для наглядности сопоставляемые структуры геологического разреза и двумерной геоэлектрической модели помечены цифрами в кружках. Предполагаемые в геологическом разрезе Нарынской впадины «скрытые» разломы фундамента в геоэлектрической модели отображены наклонными и субвертикальными проводящими зонами шириной до 1.5-2 км. Выступы фундамента Нарынской впадины - структуры (1-3) геологического разреза, хорошо выделяются в геоэлектрической модели в виде соответствующих блоков. Ключевой структурой в геологическом разрезе является выступ палеозойского фундамента, образовавший хребет Байбичетоо (4), который занимает центральное место и в геоэлектрическом разрезе. Это высокоомное тело, шириной около 10 км имеет небольшой наклон к СЗ. Оно прослеживается до глубин залегания корового проводящего слоя, который спорадически распространен в средней-нижней коре на территории всего Тянь-Шаня. Структура чехла и поверхности фундамента Атбашинской впадины в геологическом разрезе имеет более сложный характер, чем для Нарынской впадины. На это также указывает присутствие в геоэлектрической модели проводящей структуры (5) и изолятора (6), предсказанные в глубинном геологическом разрезе. С севера Атбашинская впадина граничит с хребтом Байбичетоо по серии разломов и эта зона в геоэлектрической модели представлена наклонной проводящей структурой до глубин 20 и более километров. Необходимо отметить, что вергентность проводящих (разломных) структур, ограничивающих высокоомный выступ хребта Байбичетоо в геоэлектрической модели не согласуется с вергентностью соответствующих структур геологического разреза, в то время как корреляция проводящих зон геоэлектрической модели и разломов, ограничивающих Атбашинскую впадину очень высокая. Выявленные аномалии электропроводности в виде субвертикальных проводников с простираем вдоль бортов впадин могут быть обусловлены зонами динамического влияния разломов и катаклаза гранитов.

Результаты, полученные в рамках геолого-геофизического изучения объекта (системы Нарынская впадина – хребет Байбичетоо – Атбашинская впадина) подробно изложены в статье:

Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забиякова О.Б., Нелин В.О. Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // ДАН. 2018. Т. 479. № 5. С.565-568. DOI: 10.7868/S0869565218110191

2. Определение механизмов и условий формирования типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей (ТА), определяющих морфологию региональных структур и структурную дисгармонию на внутрикоровых поверхностях раздела

Сформулировать критерии определения форм и механизмов формирования ТА, а также дать их развернутое описание

с учетом особенностей глубинной структуры литосферы исследуемого региона в настоящее время не представляется возможным, хотя реальные предпосылки для проведения такой работы имеются, и они базируются на результатах исследований коллектива геологов и геофизиков – исполнителей проекта.

В качестве примера такого задела можно рассматривать полученные в проекте результаты отображения характеристик морфоструктуры регионального масштаба в геофизических полях для тектонической зоны Кочкорской впадины. Здесь данные детальных геоморфологических и структурных исследований были скоррелированы с результатами профильных магнитотеллурических зондирований. Подробнее об этом было сказано в пункте (2) раздела 5.2. данного отчета.

Другой пример связан с изучением геолого-геофизического строения земной коры Памиро-Алайского региона. Проведенная здесь углубленная обработка и комплексный анализ новых данных магнитотеллурического зондирования по профилю «TIPAGE-ALAI» и материалов по геологическому строению земной коры Памиро-Алая позволили выделить горизонты с различным рисунком геоэлектрических неоднородностей и предположительно объяснить природу этой расслоенности. Верхний (0 – 7–10 км) имеет горизонтально-плоскостной рисунок неоднородностей электропроводящих свойств, что согласуется со структурой верхнекорового слоя Памира, (пакеты аллохтонов, лежащие складки, пологие зоны расщепления). Ниже (5–10 км) расположен горизонт с менее четким и ориентированным положением МТ полей, что можно объяснить наличием фрагментов консолидированной коры, оторванных в результате тектонического расслоения от «материнского» слоя и включенных в аллохтонные пакеты. Ниже глубин 10–20 км рисунок структуры геоэлектрических неоднородностей совсем иной. Здесь преобладают неоднородности изометричной или овальной формы с субгоризонтальной и субвертикальной ориентировками длинных осей. Объяснение такой структуры не слишком очевидно. Вероятно, она связана с несколькими причинами: относительной гомогенностью консолидированной коры, интенсивным проявлением в фундаменте объемного тектонического течения и потоками восходящих глубинных минерализованных флюидов. Установлено, что два верхних горизонта не имеют продолжения в Гиссаро-Алае, где геоэлектрическая структура и геологическое строение резко отличны от таковых на Памире.

Результаты геолого-геофизического изучения строения земной коры Памиро-Алая изложены в монографии - Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Гиссаро-Алай и Памир. Сравнительно-тектонический анализ и геодинамика // М.: ГЕОС, 2017. 132 с.; в статье - Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика. 2019. DOI: 10.15372/GiG2019008

Полученный в ходе выполнения проекта общий научный задел с точки зрения учета многообразия морфоструктурных сегментов и их взаимосвязей для определения объективных критериев выявления форм и механизмов формирования типоморфных структурных ансамблей базируется на следующих результатах и выводах:

- Впервые в практике геологических исследований проведено систематическое изучение и дано монографическое описание постмагматической тектоники и морфоструктуры гранитных массивов, вошедших в состав фундамента Тянь-Шаня и консолидированной коры ряда других регионов. Установлены главные параметры инфра- и морфоструктуры гранитных тел, механизмы структурной переработки и эксгумации «холодных» гранитных массивов, формы объемной подвижности породных масс, в том числе не известные ранее (слайс-структуры, гранитные протрузии и пр.). При этом впервые привлечены данные механики блочных и гранулированных субстанций для истолкования механизмов структурной переработки кристаллических породных масс фундамента в региональном масштабе. Определена роль (в ряде случаев – ведущая) постмагматической тектоники гранитных масс фундамента в формировании плитной и орогенной инфра- и морфоструктуры земной коры как в пределах отдельных структур, так и крупных геотектонических провинций, в том числе Тяньшанского внутриконтинентального орогена.

- Проведенный в рамках проекта комплекс исследований позволил сформулировать ряд общих положений и выводов относительно постмагматической тектоники гранитов: (а) гранитные массивы на постумной стадии испытали интенсивную постмагматическую тектоническую переработку, которая выражена в их объемной дезинтеграции в различных формах ее проявления; (б) граниты в силу своего специфического состава и структуры являются субстанцией, наиболее легко подверженной дезинтеграции как на уровне прототектонических, так и последующих тектонических процессов, что способствует их переходу в разряд дискретных (гранулированных) сред и, как следствие, уменьшает их вязкость и увеличивает потенциальную возможность их квазипластического течения; (в) механизмом подвижности дезинтегрированных гранитов является реидная деформация, включающая пластическое, вязкопластическое, катакластическое и другие виды течения твердых тел; (г) морфоструктурным выражением этих процессов является образование пликативных изгибов поверхности фундамента, складок, куполов и кристаллических протрузий, что свидетельствует о существенной тектонической трансформации доорогенной морфоструктуры; главными факторами, ответственными за поведение гранитов в пределах верхней коры на постмагматическом этапе их существования и их эксгумацию на дневную поверхность, являются высокая объемная подвижность пород и действие

механизма вязкостной инверсии.

- Изложенный геолого-геофизический материал, а также данные тектонофизического и расчетного моделирования свидетельствуют, что вертикальные потоки вещества, возникающие в условиях нестационарного напряженного состояния, неотъемлемо сопряжены с потоками латеральными, и совместно они образуют единую геодинамическую систему. Верхняя кристаллическая кора не является «хрупкой» относительно действующих в ней тектонических сил и напряжений (как внешних, так и свойственных самой среде), а представляет собой субстанцию, обладающую свойством реидности, т.е. текучести в твердом состоянии. И не последнее место в этом процессе занимают граниты, составляющие до 70–80% объема верхней коры, так как именно они оказываются наиболее «податливыми» к тектоническим воздействиям.

- Описаны структурно-вещественные парагенезы, свидетельствующие об объемной подвижности (текучести) горных масс фундамента Тянь-Шаня и расшифрованы конкретные – проявляющиеся в определенных породах и структурных обстановках – механизмы объемной дезинтеграции, связанные с так называемой «тектоникой разрыхления» [Штилле, 1964] и контролируемые законами механики блочных и гранулированных сред [Кочарян, 2016; Ревуженко, 2003]: меланжирование, пластическая деформация, объемный катаклиз на разных масштабных уровнях, динамическая рекристаллизация.

- Выявлена существенная (возможно, первостепенная) роль во внутриплитном и орогенном тектогенезе Тянь-Шаня продольного по отношению к оси горного сооружения тектонического течения породных масс палеозойского фундамента, проявляющегося в условиях трансенсии (на плитном и раннеорогенном этапах) или транспрессии (на позднеорогенном этапе) при относительно незначительной роли поперечного сокращения пространства. Латеральное течение связано с перераспределением горных масс и в поперечном направлении – оттоком его из областей опускания и нагнетанием в зоны поднятий тектонического рельефа по механизму изгибной неустойчивости [Лобковский, 1988]. О реальном объемном перетекании горных масс свидетельствует развитие прогибов и поднятий, которые, по крайней мере, до середины миоцена развивались как пликативные структуры, лишь в отдельных местах осложненные разломами.

Сделаем общее важное замечание по данному пункту - учесть многообразие морфоструктурных сегментов и их взаимосвязей, а также установить их соответствие данным глубинного зондирования, создав единую схему региона, сегодня явно затруднительно. Очевидно, что эта сложная задача требует дальнейшего продолжения исследований, связанных как с расширением базы данных экспериментальной геолого-геофизической информации, так и с проведением обобщающего анализа всех имеющихся материалов по этой проблематике.

Результаты этого пункта изложены в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов, в статьях Баталева Е.А., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Матюков В.Е., Рыбин А.К. Новые данные о глубинном строении Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации // ДАН 2017, том 475, № 5. С. 571-575. DOI: 10.7868/S0869565217230219; Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436. DOI: 10.15372/GIG20180401; Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забинякова О.Б., Нелин В.О. Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // ДАН 2018. Т. 479. № 5. С.565-568. DOI: 10.7868/S0869565218110191

3. Сравнительная характеристика ТА, соответствующих различным типам коры и разным сегментам орогена.

Проведен сравнительный анализ строения зон сочленения областей относительного опускания (межгорных впадин) и относительного поднятия (выступов фундамента) Северного Тянь-Шаня. Установлено принципиальное сходство тектонической структуры, кинематики и эволюции зон сочленения тектонопар «впадина/поднятие» в пределах южных бортов наиболее крупных отрицательных структур региона – Иссык-Кульской, Чуйской и Кочкорской впадинах. Описаны парагенезы структур, характерные для осадочного чехла и кристаллического фундамента. При этом установлено, что кристаллические массы фундамента демонстрируют существенно более высокую степень тектонической переработки и объемной текучести, чем слоистые отложения чехла, что объясняется различием реологических свойств и механизмов релаксации тектонических напряжений в породах разного состава и строения. Заложение впадин (юра - эоцен) и раннеорогенные этапы развития (поздний олигоцен – ранний миоцен) происходит в условиях левосторонней трансенсии; в конце плиоцена происходит смена режима на транспрессионный орогенный. Области взаимодействия орогенных впадин и обрамляющих поднятий фундамента позволяет рассматривать их в совокупности как парные структурно-морфологические ансамбли (СМА), являющиеся составными элементами единой геодинамической обстановки 3D сдвигового течения при относительно незначительной роли поперечного сокращения пространства.

Результаты изложены в материалах международных и всероссийских совещаний и симпозиумов и в статье:

Пржиялговский Е.С., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К., Лаврушина Е.В., Баталева Е.А. «Тектоническая структура переходных зон «впадина/поднятие» Северного Тянь-Шаня». ДАН (статья сдана в редакцию).

На основе нового геолого-геофизического материала, полученного при изучении приповерхностных структурно-морфологических ансамблей и соответствующих им глубинных структурно-вещественных неоднородностей, подтверждены ранее известные и установлены новые закономерности строения и геодинамики Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии, среди которых: (а) структурная дисгармония на главных поверхностях раздела коры и литосферы (чехол/фундамент, внутрикоровые разделы, поверхность М); (б) многофакторность формирования морфоструктурного облика Тянь-Шаня и Памира; (в) наличие характерных структурных ансамблей, соответствующих различным типам коры и сегментам новейшего орогена; (г) существование в рамках «единого» внутриконтинентального орогена сегментов (западный Тянь-Шань, Восточный Тянь-Шань, Памир) с различными приповерхностной и глубинной структурой и морфологическим выражением, что позволяет отнести их к разным геодинамическим провинциям; (д) парагенетическое единство разномасштабных тектонических структур, выявляемых геологическими и геофизическими методами в пределах крупных тектонически однородных сегментов коры.

Результаты изложены в материалах всероссийских и международных совещаний, симпозиумов и в статье: Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С. Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забиякова О.Б., Щелочков Г.Г. Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПбГУ. Науки о Земле, 2018. Вып. 4.

4. Фундаментальные закономерности строения и эволюции Тянь-Шаня, как отражение региональных и надрегиональных особенностей развития Евразийского внутриконтинентального орогена. Геотектонические модели. Впервые в истории изучения региона, на основе комплексного анализа геологических данных, материалов глубинного зондирования и сравнения со структурными аналогами и данными эксперимента, проведена сравнительная структурно-геологическая характеристика горных сооружений Гиссаро-Алая и Памира. Установлено, что Гиссаро-Алай и Памир, являясь, составными частями Евразийского новейшего орогена, принадлежат к сегментам земной коры с разными геодинамическими режимами и развивались во многом независимо, что находит отражение в их морфоструктуре, геометрии, тектоническом стиле, наборе кинематических парагенезов, последовательности событий, магматизме, метаморфизме, проявлении новейшего орогенеза. Показано, что Гиссаро-Алай и Памир – это два типоморфных ансамбля (ТГА), отражающих специфику геодинамического развития разных сегментов Земли на корово-мантийном уровне.

Впервые создана трехмерная геодинамическая модель Памирско-Гималайского сегмента Азии, основанная на совокупном рассмотрении геолого-геофизических данных с привлечением расчетных и тектонофизических моделей и природных аналогий (рис. 7). Модель отражает существование ТГА надрегионального масштаба, отражающего процесс сдвигения и погружения разнонаправленных интраконтинентальных встречных литосферных плито-потоков. Согласно модели, горное сооружение Памира – это структурно обособленное композитное геологическое тело, аллохтонно залегающее на подстилающих породах Таримского и Афгано-Таджикского континентов; Памир принадлежит к категории плито-потоков, образование которых относительно автономно по отношению к соседствующим сегментам земной коры; формирование Памира обусловлено деламинацией его корового слоя, «наползанием» его на древние массивы и погружением нижней коры и литосферной мантии; Памир располагается над областью сочленения различных фрагментов Центрально-Азиатского и Альпийско-Гималайского пояса и, являясь самостоятельным структурно-морфологическим элементом (СМА), входит в состав межрегионального Памиро-Гималайского геодинамического ансамбля (ТГА).

Результаты изложены в материалах всероссийских и международных совещаний и симпозиумов, в серии статей (см. раздел 5.5. данного отчета) и монографии - Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю. и др. «Гиссаро-Алай и Памир. Сравнительно-тектонический анализ и геодинамика» // М.: ГЕОС, 2017. 132 с.

5. Корреляция типоморфных структурных ансамблей с особенностями минерагении.

На основе сравнительно-тектонического анализа гранитных массивов (в том числе, содержащих залежи УВ) и новых данных о способах и механизмах обеспечения объемной подвижности горных масс, создана эволюционная структурно-тектоническая модель формирования скоплений УВ в пределах гранитных тел протыкания (протрузий). Оценена роль «протрузивных ловушек» в потенциальной нефтегазоносности консолидированной земной коры. Модель применена для объяснения формирования залежей УВ на месторождении Белый тигр (Вьетнам).

В качестве задела для будущих исследований, предложены варианты моделей для различных геолого-геодинамических ситуаций (рис. 8): (а) вариант поступления УВ в гранитные массивы из осадочного чехла; (б) вариант поступления УВ из глубинных горизонтов литосферы; (в) вариант формирования «вторичных»

(псевдонефтематеринских) толщ за счет вертикального аккретирования консолидированной коры и механизма М-инfiltrации.

Эти результаты изложены в сообщениях на всероссийских и международных совещаниях и симпозиумах, а также в монографии: Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал // М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

Результаты исследований по проекту, в частности, выделение специфических структурно-морфологических ансамблей (СМА) фундамента и понимание механизмов их формирования позволяют ставить вопрос о прогнозных работах в регионе, касающихся нетрадиционных месторождений полезных ископаемых:

а – Выявленные особенности постумной тектоники гранитов Тянь-Шаня, характер строения и расположения залежей УВ в пределах кристаллического фундамента различных регионов, разработка структурно-тектонической модели формирования интрагранитных вмещилищ УВ), геологические и структурно-тектонические аналогии молодой плиты Тянь-Шаня с другими районами (например, с эпимеловой плитой Зондского шельфа) в совокупности делают правдоподобным предположение о наличии потенциальных (или реальных) вмещилищ УВ в пределах погребенных под осадочным чехлом объемов разуплотненных пород фундамента (гранитных протрузий).

б – Региональная геологическая ситуация, динамический режим, состав исходных пород фундамента, морфология и особенности формирования гранитных тел протекания делают перспективным изучение широко распространенных в регионе домезозойских и более молодых эпигранитных и эписланцевых кор выветривания, так как они являются потенциальными областями формирования залежей тонкодисперсного («горчичного») золота. Согласно имеющимся данным (например, [Некрасов, 1991; Petersen et al., 1999]), горчичное золото наиболее часто встречается в своеобразной «кварцевой сыпучке» зон гипергенеза, халцедоновидном кварце, продуктах окисления и сульфидного обогащения (пирите, сфалерите, халькопирите) а также магнетите, гематите, оксидах железа. Наиболее перспективны в этом отношении глинистые коры выветривания и элювиальные россыпи, в частности, месторождения золота нетрадиционного типа в каолиновых корах выветривания, развитых по слабо золотоносным минерализованным зонам (например, [Шахов, 1998]). В настоящее время нетрадиционные геолого-промышленные типы месторождений золотоносных кор выветривания дают около 1% мировых запасов драгметалла.

Учитывая наличие в регионе глинистых и кварцево-каолиновых мезозойских и кайнозойских кор выветривания и их участие в сложных динамических процессах, а также полученные в процессе работы по проекту данные о гипергенных преобразованиях гранитов фундамента Тянь-Шаня и Монголии [Леонов и др., 2018, глава 3.1], можно вполне обоснованно ставить вопрос о проведении целенаправленных работ по изучению кор выветривания и их металлоносности. Изучение кор выветривания и тектонокластитовых панцирей в пределах гранитных протрузий важно и с позиции нефтенакопления, так как эти образования являются хорошими флюидоупорами.

Результаты данного пункта изложены в сообщениях на всероссийских и международных совещаниях и симпозиумах, а также в монографии: Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал // М.: ГЕОС, 2018. 332 с.

6. Корреляция типоморфных структурных ансамблей с уровнем геоэкологических рисков.

Приведем наиболее яркий пример корреляции выявленных типоморфных геодинамических ансамблей и сейсмичности Гиссаро-Алая и Памира. Различный характер современной сейсмической активности Гиссаро-Алая и Памира является независимым указанием (помимо геологической и геофизической информации, рассмотренной выше) на принципиальные различия в строении и современной геотектонической позиции этих ТА в составе Евразийского орогенического пояса. Расположение очагов крупных землетрясений (с магнитудой более 4,0) под Памиром указывает существование современной живой тектонической структуры, имеющей форму полуворонки, сходящейся на глубинах 50-80 км, продолжающейся с перерывами до глубин ниже 200 км [Strecker et al., 1995]. В общей картине значений плотности очагов прослеживается сейсмоактивный слой на глубине 20-40 км, который продолжается и под Гиссаро-Алай, постепенно поднимаясь к северу [Белявский и др., 1982]. Характерные разрывы и изменение геоэлектрической структуры литосферы можно отметить на этих глубинах на профилях МТЗ, пересекающих Памирско-Алайскую зону [Матюков, 2011; Рыбин и др., 2018; Sass et al., 2013]. Результаты инверсии МТ-зондирований свидетельствуют о существовании зоны латерального пластического течения в земной коре под Алайской впадиной, проявившейся в виде нижнекоревой проводящей структуры, прослеживаемой на участке длиной не менее 200 км в субширотном направлении вдоль простирания Алайской впадины. На основе анализа взаимосвязи параметров геоэлектрической структуры с распределением землетрясений в сейсмическом слое земной коры выявлено соответствие положения гипоцентров землетрясений с энергетическим классом  $K > 11$ , произошедших на территории Памиро-Алая, с зонами границ контрастных геоэлектрических неоднородностей.

Проведенное в рамках проекта изучение геоэлектрических характеристик коровых комплексов с применением профильных МТЗ ставит задачу поиска непосредственных корреляционных связей между режимом сейсмичности и

характеристиками геоэлектрической строения земной коры и верхней мантии для Тянь-Шаня и Памира. Отдельные примеры подобной корреляции и их физико-геологическое объяснение сегодня имеются. Однако их явно недостаточно, поэтому данная проблема требует дальнейшего всестороннего изучения, как в практическом, так и в теоретическом смыслах.

Результаты данного пункта неоднократно обсуждались в сообщениях на всероссийских и международных совещаниях и симпозиумах, а также изложены в монографии и статье:

Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Гиссаро-Алай и Памир. Сравнительно-тектонический анализ и геодинамика // М.: ГЕОС, 2017. 132 с.

Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика. 2019. DOI: 10.15372/GiG2019008

**Все запланированные научные результаты достигнуты:**

да

#### **5.4. Описание выполненных работ и полученных научных результатов (в том числе степень выполнения проекта) для публикации на сайте РНФ**

*на русском языке (до 3 страниц текста, также указываются ссылки на информационные ресурсы в сети Интернет (url-адреса), посвященные проекту)*

В период 2016-2018 гг. выполнены следующие работы по Проекту:

- Сбор, анализ и обобщение геолого-геофизических материалов по всем аспектам поставленных в проекте задач.
- Полевые работы на ключевых объектах исследования Тяньшанского региона: структурно-геологическое картирование, геоэлектрические исследования методом магнитотеллурического зондирования.
- Построение геолого-геофизических разрезов и эволюционно-тектонических моделей ключевых объектов в пределах региональных зон концентрации новейших деформаций.
- Исследование изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газовой смеси из термоминеральных источников Тянь-Шаня с целью возможного выявления в глубинных тектонических структурах трещиноватых проницаемых зон, определяемых эманациями мантийного гелия и служащих каналами для миграции мантийных флюидов.
- Выявление и характеристика типоморфных парагенезов, структурно-морфологических ансамблей региональных структур альпийского этапа, механизмов и геотектонических режимов, ответственных за становление и тектоническую эволюцию консолидированной земной коры Тянь-Шаня.
- Построение обобщающих геотектонических моделей региональных и надрегиональных структур изученной территории.
- Корреляция типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей с особенностями минерагении и уровнем геоэкологических рисков.

В ходе выполнения Проекта получены следующие основные результаты, которые являются know-how исполнителей Проекта.

- Представлена комплексная геолого-геофизическая характеристика типоморфных верхнекоровых и корово-мантийных геодинамических ансамблей (ТА), определяющих особенности современной структуры и эволюции Тянь-Шаня и других сегментов Евразийского внутриконтинентального орогена.
- Подготовлен общий научный задел с точки зрения учета многообразия морфоструктурных сегментов и их взаимосвязей для определения объективных критериев выявления форм и механизмов формирования ТА, который базируется на следующих результатах и выводах:

(1) Впервые в практике геологических исследований проведено систематическое изучение и дано монографическое описание постмагматической тектоники и морфоструктуры гранитных массивов, вошедших в состав фундамента Тянь-Шаня и консолидированной коры ряда других регионов. Установлены главные параметры инфра- и морфоструктуры гранитных тел, механизмы структурной переработки и эксгумации «холодных» гранитных массивов, формы объемной подвижности породных масс, в том числе не известные ранее (слайс-структуры, гранитные протрузии и пр.).

(2) Сформулирован ряд общих положений и выводов относительно постмагматической тектоники гранитов: (а) гранитные массивы на постумной стадии испытали интенсивную постмагматическую тектоническую переработку, которая выражена в их объемной дезинтеграции в различных формах ее проявления; (б) граниты в силу своего специфического состава и структуры являются субстанцией, наиболее легко подверженной дезинтеграции как на уровне прототектонических, так и последующих тектонических процессов, что способствует их переходу в разряд дискретных (гранулированных) сред и, как следствие, уменьшает их вязкость и увеличивает потенциальную возможность их квазипластического течения; (в) механизмом подвижности дезинтегрированных гранитов является реидная деформация, включающая пластическое, вязкопластическое, катакластическое и другие виды течения твердых

тел; (г) морфоструктурным выражением этих процессов является образование пликативных изгибов поверхности фундамента, складок, куполов и кристаллических протрузий, что свидетельствует о существенной тектонической трансформации доорогенной морфоструктуры; (д) главными факторами, ответственными за поведение гранитов в пределах верхней коры на постмагматическом этапе их существования и их эксгумацию на дневную поверхность, являются высокая объемная подвижность пород и действие механизма вязкостной инверсии.

(3) Получено свидетельство того, что вертикальные потоки вещества, возникающие в условиях нестационарного напряженного состояния, неотъемлемо сопряжены с потоками латеральными, и совместно они образуют единую геодинамическую систему. Верхняя кристаллическая кора не является «хрупкой» относительно действующих в ней тектонических сил и напряжений (как внешних, так и свойственных самой среде), а представляет собой субстанцию, обладающую свойством реидности, т.е. текучести в твердом состоянии. И не последнее место в этом процессе занимают граниты, составляющие до 70–80% объема верхней коры, так как именно они оказываются наиболее «податливыми» к тектоническим воздействиям.

(4) Определены и описаны структурно-вещественные парагенезы, свидетельствующие об объемной подвижности (текучести) горных масс фундамента Тянь-Шаня.

(5) Выявлена существенная (возможно, первостепенная) роль во внутриплитном и орогенном тектогенезе Тянь-Шаня продольного по отношению к оси горного сооружения тектонического течения породных масс палеозойского фундамента.

- Проведен сравнительный анализ строения зон сочленения областей относительного опускания (межгорных впадин) и относительного поднятия (выступов фундамента) Северного Тянь-Шаня. При этом отмечено, что области взаимодействия орогенных впадин и обрамляющих поднятий фундамента позволяет рассматривать их в совокупности как парные структурно-морфологические ансамбли (СМА), являющиеся составными элементами единой геодинамической обстановки 3D сдвигового течения при относительно незначительной роли поперечного сокращения пространства.

- Определены фундаментальные закономерности строения и эволюции Тянь-Шаня, как отражение региональных и надрегиональных особенностей развития Евразийского внутриконтинентального орогена. Впервые создана трехмерная геодинамическая модель Памиро-Гималайского сегмента Азии, основанная на совокупном рассмотрении геолого-геофизических данных с привлечением расчетных и тектонофизических моделей и природных аналогий. Модель отражает существование ТГА надрегионального масштаба, отражающего процесс сдвижения и погружения разнонаправленных интраконтинентальных встречных литосферных плито-потоков.

- Проведена корреляция ТА с особенностями минерагении. Создана эволюционная структурно-тектоническая модель формирования скоплений углеводородов в пределах гранитных тел протыкания (протрузий). Выделение специфических структурно-морфологических ансамблей (СМА) фундамента и понимание механизмов их формирования позволили поставить вопрос о прогнозных работах в регионе, касающихся нетрадиционных месторождений полезных ископаемых.

В ходе выполнения Проекта подготовлены к печати и изданы 2 монографии:

Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. Гиссаро-Алай и Памир. Сравнительно-тектонический анализ и геодинамика // М.: ГЕОС, 2017. 132 с.

Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Leonov M.G., Przhialgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал // М.: ГЕОС, 2018. 330 с.

В ходе выполнения Проекта подготовлены к печати 9 статей в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science) или «Скопус» (SCOPUS), из них опубликованы 8 статей и 1 статья будет опубликована в начале 2019 г.:

1. Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. (Leonov M.G., Przhialgovskii E.S., Lavrushina E.V., Nikitin A.V.) Гранитные островные горы: морфология, тектоническая структура и генезис // Геоморфология. 2017. № 3.С. 3-15.
2. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V. Yu., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Тектоническое строение и эволюция Гиссаро-Алая и Памира // Геотектоника, 2017 № 6, с.37-57.
3. Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhialgovskii E.S., Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K.) Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 4. С. 417-436. DOI: 10.15372/GiG20180401
4. Гарецкий Р.Г., Леонов М.Г. (Garetsky R.G., Leonov M.G.) «Структуры омота» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков // ДАН. Т. 478. №5. С. 546-550.
5. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства // Геотектоника. 2018. №2. С. 3-19. DOI: 10.7868/S0016853X18020017

6. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: сочленение и положение в системе подвижных поясов Центральной Азии // Геотектоника. 2018. № 1. С. 79-96. DOI: 10.7868/S0016853X18010058
7. Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забинякова О.Б., Нелин В.О. (Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.) Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных // ДАН. 2018. Т. 479. № 5. С.565-568.
8. Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиалговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забинякова О.Б., Щелочков Г.Г. (Rybin A.K., Leonov M.G., Przhialgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G.) Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях // Вестник СПбГУ. Науки о Земле, 2018, вып. 4.
9. Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны // Геология и геофизика (2019 г.)
- В 2018 году молодым исследователем – исполнителем проекта Мансуровым А.Н. успешно защищена диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по двум специальностям: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ и 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых. Тема диссертационного исследования «МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПАМИРО-ТЯНЬШАНСКОГО РЕГИОНА ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ». Научный руководитель по специальности 25.00.10 – Рыбин А.К. – руководитель проекта. Информационные ресурсы в сети Интернет, посвященные проекту РНФ № 16-17-10059, находятся по адресу <http://www.gdirc.ru/>

В результате более глубокого понимания решаемых задач, которое появилось у исполнителей в процессе проведения исследований по Проекту, сделан важный вывод о том, что задача учета многообразия морфоструктурных сегментов и их взаимосвязей, определение объективных критериев выявления форм и механизмов формирования типоморфных геодинамических ансамблей, а также создания единой геодинамической схемы изучаемого региона, требует дальнейшего продолжения исследований, связанных как с расширением базы данных экспериментальной геолого-геофизической информации, так и с проведением обобщающего анализа всех имеющихся материалов по этой проблематике. Исходя из этого научным коллективом Проекта принято решение о подаче заявки на продолжение Проекта.

#### **на английском языке**

During the period of 2016-2018 the following Project works have been completed:

- Collection, analysis and generalization of geological and geophysical materials on all aspects of the goals of the Project.
- Field works at key research sites of the Tien Shan region: structural geological mapping, geoelectric research using magnetotelluric sounding.
- Revealing of geological and geophysical sections and evolutionary-tectonic models of key objects within the regional zones of concentration of the latest deformations.
- Investigation of the isotope composition of helium  $^3\text{He}/^4\text{He}$  in the gas mixture from Tien Shan thermal mineral sources with the aim of possible revealing in deep tectonic structures of fractured permeable zones determined by emanations of mantle helium and acting as channels for the migration of mantle fluids.
- Identification and characterization of the typomorphic parageneses, structural and morphological ensembles of regional structures of the Alpine stage, mechanisms and geotectonic regimes responsible for the formation and tectonic evolution of the consolidated crust of the Tien Shan.
- Development of generalizing geotectonic models of regional and supra-regional structures of the studied territory.
- Correlation of typomorphic upper crust and crust-mantle geodynamic ensembles with mineragenic features and level of geoeological risks.

During the implementation of the project, the following main results, which are the knowhow of the project research team, were obtained:

- Complex geological and geophysical characteristics of typomorphic upper crust and crust-mantle geodynamic ensembles (TE), which determine the features of the modern structure and evolution of the Tien Shan and other segments of the Eurasian intracontinental orogen, were performed.
- A general scientific background has been prepared in terms of taking into account the diversity of morphostructural segments and their interrelations to determine objective criteria for identifying the forms and mechanisms of TE formation, which is based on the following results and conclusions:

- (1) For the first time in the practice of geological research, a systematic study was carried out and a monographic description

was given of postmagmatic tectonics and the morphostructure of granite massifs that were part of the foundation of the Tien Shan and the consolidated crust of several other regions. The main parameters of the infra- and morphostructures of granite bodies, the mechanisms of structural processing and exhumation of “cold” granite massifs, the forms of volumetric mobility of rock masses, including those not previously known (slice structures, granite protrusions, etc.), have been established.

(2) A number of general provisions and conclusions regarding the postmagmatic tectonics of granites are formulated: (a) granite massifs at the post-postum stage experienced intense postmagmatic tectonic processing, which is expressed in their volume disintegration in various forms of its manifestation; (b) because of their specific composition and structure, granites are the substance most easily subjected to disintegration both at the level of prototectonic and subsequent tectonic processes, which contributes to their transition to the discharge of discrete (granular) media and, as a result, reduces their viscosity and increases the potential of their quasi-plastic course; (c) the mobility mechanism of disintegrated granites is reid deformation, including plastic, viscoplastic, cataclastic, and other types of flow of solids; (d) the morphostructural expression of these processes is the formation of plicative bends in the surface of the basement, folds, domes and crystalline protrusions, which indicate a significant tectonic transformation of the preorogenic morphostructure; (e) The main factors responsible for the behavior of granites within the upper crust at the post-magmatic stage of their existence and their exhumation on the surface, are the high volumetric mobility of the rocks and the action of the viscous inversion mechanism.

(3) Evidences that the vertical flows of matter arising under the conditions of a non-stationary stress state were inherently associated with lateral flows, and together they form a single geodynamic system, were obtained. The upper crystalline crust is not “fragile” relative to the tectonic forces and stresses acting in it (both external and intrinsic to the medium itself), but is a substance with the property of reality, i.e. yield strength in solid state. And not the last place in this process is occupied by granites, which constitute up to 70–80% of the volume of the upper crust, since they turn out to be the most “compliant” to tectonic influences.

(4) Structural-material parageneses, indicating the volumetric mobility (fluidity) of the mountain masses of the Tien-Shan basement, are identified and described.

(5) A significant (possibly paramount) role was revealed in the intraplate and orogenic tectogenesis of Tien Shan longitudinal with respect to the axis of the mountain structure of the tectonic flow of rock masses of the Paleozoic basement.

- A comparative analysis of the structure of the zones of articulation of areas of relative descent (intermountain depressions) and relative uplift (protrusions of the basement) of the Northern Tien Shan has been carried out. It was noted that the areas of interaction of orogenic depressions and framing basement uplifts allows considering them as coupled structural-morphological ensembles (SME), which are integral elements of a single geodynamic environment of a 3D shear flow with a relatively minor role of transverse contraction of space.

- Defined the fundamental laws of the structure and evolution of the Tien Shan, as a reflection of the regional and supra-regional features of the development of the Eurasian intracontinental orogen. For the first time, a three-dimensional geodynamic model of the Pamir-Himalayan segment of Asia was created, based on a cumulative review of geological and geophysical data involving computational and tectonophysical models and natural analogies. The model reflects the existence of a TGE of supra-regional scale, reflecting the process of displacement and immersion of multidirectional intracontinental counter lithospheric slab flows.

- The correlation of TE with the features of minerageny. An evolutionary structural-tectonic model of the formation of hydrocarbon accumulations within the granite piercing bodies (protrusions) has been created. The identification of specific structural and morphological ensembles (SME) of the foundation and an understanding of the mechanisms of their formation allowed us to raise the question of the forecast work in the region concerning non-traditional mineral deposits.

In the course of the Project, 2 monographs were prepared for printing and published:

Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G. Gissar-Alai and the Pamirs.

Comparative tectonic analysis and geodynamics // M.: GEOS, 2017. 132 p.

Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V. Granites. Postmagmatic tectonics and hydrocarbon potential // M.: GEOS, 2018. 332 p.

In the course of the Project, 9 articles were prepared for publication in peer-reviewed Russian and foreign scientific journals, indexed in the Web of Science or Scopus databases, of which 8 articles were published and 1 article will be published in early 2019:

1. Leonov MG, Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Nikitin A.V. Granite Island Mountains: Morphology, Tectonic Structure and Genesis // *Geomorphology*. 2017. № 3. P. 3–15. DOI: 10.7868/S043542811703-0018
2. Leonov MG, Rybin AK, Batalev V.Yu., Matyukov V.E., ScheLochekov G.G. Tectonic structure and evolution of Gissar-Alai and Pamir // *Geotectonics*. 2017. № 6. P.37-57. DOI: 10.7868/S0016853X17060054
3. Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K. Cover structures and surface of the Kochkor Depression (Tien Shan) according to geological and geophysical data // *Geology and Geophysics*. 2018. V. 59. No. 4. P. 417-436. DOI: 10.15372 / GiG20180401

4. Garetsky R.G., Leonov M.G. "Pool structures" - a new category of zones of interaction of lithospheric slab flows // Doklady Earth Sciences. T. 478. No. 5. P. 546-550. DOI: 10.7868/S0869565218050110
5. Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G. Gissar-Alai and Pamir: deep structure, geodynamic model, experimental evidence // Geotectonics. 2018. №2. P. 3-19. DOI: 10.7868 / S0016853X18020017
6. Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G. Gissar-Alai and Pamir: articulation and position in the system of mobile belts of Central Asia // Geotectonics. 2018. No. 1. P. 79-96. DOI: 10.7868 / S0016853X18010058
7. Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G. Features of the deep structure of the system "Naryn depression - ridge Baibichetoo - At-Bashinskaya depression" on the complex of geological and geophysical data // Doklady Earth Sciences. 2018. T. 479. No. 5. P.565-568. DOI: 10.7868/S0869565218110191
8. Rybin A.K., Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G.G. Upper crust structural and morphological ensembles Pamir-Tien Shan segment of Central Asia and their reflection in geophysical fields // Vestnik of St. Petersburg State University. Earth Sciences. 2018. V. 4.
9. Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A. The deep geoelectric structure of the earth's crust and upper mantle of the Pamir-Alay zone // Geology and Geophysics (2019) DOI: 10.15372/GiG2019008

In 2018, the young researcher - project executor Mansurov A.N. successfully defended the thesis for the degree of candidate of technical sciences in two specialties: 05.13.18 - Mathematical modeling, numerical methods and software complexes and 25.00.10 - Geophysics, geophysical methods of mineral exploration. The subject of the dissertation research was "MODELS, ALGORITHMS AND SOFTWARE MEANS FOR THE STUDY OF MODERN DEFORMATIONS OF THE EARTH CRUST OF THE PAMIR-TIANSHAN REGION ACCORDING TO SPACE GEODESY". Scientific supervisor in the specialty 25.00.10 – A.K. Rybin - project Manager.

Information resources on the Internet, dedicated to the project of the Russian Science Foundation under grant No. 16-17-10059, are located at <http://www.gdir.ru/>

As a result of a deeper understanding of the problems to be solved, which emerged from the executors in the process of conducting research on the Project, an important conclusion was drawn that the scientific task including accounting of the variety of morphostructural segments and their interrelations, the definition of objective criteria for identifying forms and mechanisms for forming typomorphic geodynamic ensembles, and creating unified geodynamic scheme of the studied region requires further research related both to the expansion of the database of experimental geological and geophysical information, and to the conduct generalizing analysis of all the available materials on this subject. Accordingly, the project research team decided to submit application for the continuation of the project.

#### **5.5. Перечень публикаций по проекту за весь срок выполнения проекта (заполняется автоматически на основании форм 2а)**

1. *Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. (Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Nikitin A.V.) ГРАНИТНЫЕ ОСТРОВНЫЕ ГОРЫ: МОРФОЛОГИЯ И ИНФРАСТРУКТУРА «Наука» РАН (2017 г.)*

---

2. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.U., Matukov V.E., Schelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: тектоническая позиция, структура, история становления, структурно-геологические модели. МАИК "Наука/Интерпериодика" (2017 г.)*

---

3. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Yu., Matukov V.E., Schelochkov G.G.) Памир: структура, глубинное строение, геодинамическая модель Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту) (2016 г.)*

---

4. *Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Рыбин А.К., Матюков В.Е. (Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Rybin A.K., Matyukov V.E.) Взаимосвязь тектонических и морфологических характеристик с глубинным строением Центрального Тянь-Шаня Тектоника современных и древних океанов и их окраин Материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию Ю.М. Пушаровского (2017 г.)*

---

5. *Баталева Е.А., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Матюков В.Е., Рыбин А.К. (Bataleva E.A., Przhivalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Lavrushina E.V., Leonov M.G., Matyukov V.E., Rybin A.K.) Новые данные о глубинном строении Южно-Кочкорской зоны концентрированной деформации ДАН (2017 г.)*

---

6. *Дзалба А.Л., Нелин В.О. (Dzalba A.L., Nelin V.O.) Проблемы регистрации магнитотеллурического поля в горных условиях Современная техника и технологии в научных исследованиях Сборник материалов IX Международной конференции молодых ученых и студентов. Ответственные редакторы Забиякова О.Б., Матюков В.Е. Бишкек: НС РАН (2017 г.)*

7. *Леонов М.Г., Гарецкий Р.Г. (Leonov M.G., Garetskii R.G.) Памирско-Гималайский и Восточно-Европейский геодинамические узлы как области взаимодействия сегментов внутриконтинентальной литосферы* Триггерные эффекты в геосистемах (Москва, 6–9 июня 2017 г.): материалы IV Всероссийской конференции с международным участием / Под ред. В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна. ИДГ РАН. М.: ГЕОС. (2017 г.)
- 
8. *Леонов М.Г., Гарецкий Р.Г. (Leonov M.G., Garetskii R.G.) Памирско-гималайский и восточно-европейский геодинамические узлы как зоны взаимодействия разнонаправленных литосферных тектонических потоков* Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Тез. докл. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек (2017 г.)
- 
9. *Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. (Leonov M.G., Przhivalgovskii E. S., Lavrushina E.V., Nikitin A.V.) Гранитные островные горы: морфология, тектоническая структура и генезис* Геоморфология (2017 г.)
- 
10. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир. Сравнительно-тектонический анализ и геодинамика.* М.: ГЕОС (2017 г.)
- 
11. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Yu., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Геолого-геофизические модели Гиссаро-Алая и Памира и проблема взаимоотношения Центрально-Азиатского и Альпийско-Гималайского подвижных поясов* Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов Тезисы докладов VII Международного симпозиума. К 80-летию со дня рождения выдающегося ученого, основателя и первого директора ИС РАН Ю.А. Трапезникова (18.10.1936 - 13.04.1999). (2017 г.)
- 
12. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Yu., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ГИССАРО-АЛАЯ И ПАМИРА* Геотектоника (2017 г.)
- 
13. *Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Альпийские структурные парагенезы в кайнозойском чехле и палеозойском фундаменте Тянь-Шаня* ПРОБЛЕМЫ ГЕОДИНАМИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ Тезисы докладов VII Международного симпозиума. К 80-летию со дня рождения выдающегося ученого, основателя и первого директора ИС РАН Ю.А. Трапезникова (2017 г.)
- 
14. *Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K.) Глубинные и приповерхностные структуры южного борта Кочкорской впадины (Тянь-Шань) с учетом новых данных МТЗ* Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Тез. докл. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек (2017 г.)
- 
15. *Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) Мантийный гелий в минеральных источниках Центрального Тянь-Шаня* ПРОБЛЕМЫ ГЕОДИНАМИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ Тезисы докладов VII Международного симпозиума. К 80-летию со дня рождения выдающегося ученого, основателя и первого директора ИС РАН Ю.А. Трапезникова (18.10.1936 - 13.04.1999). (2017 г.)
- 
16. *Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.) О глубинном строении прибортовых зон межгорных впадин Северного Тянь-Шаня* Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов Тезисы докладов Седьмого международного симпозиума (19-24 июня 2017 г., г. Бишкек). Бишкек: ИС РАН (2017 г.)
- 
17. *Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V.) Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал* ГЕОС (2018 г.)
- 
18. *Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Batalev V. Yu., Bataleva E.A., Leonov M.G., Rybin A.K.) Структуры чехла и поверхности фундамента Кочкорской впадины (Тянь-Шань) по геологическим и геофизическим данным* геология и геофизика (2018 г.)
- 
19. *Гарецкий Р.Г., Леонов М.Г. (Garetsky R.G., Leonov M.G.) «Структуры омута» – новая категория зон взаимодействия литосферных плито-потоков* ДАН (2018 г.)
- 
20. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: глубинное строение, геодинамическая модель, экспериментальные свидетельства* Геотектоника (2018 г.)
- 
21. *Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Shchelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: сочленение и положение в системе подвижных поясов Центральной Азии* Геотектоника (2018 г.)
- 
22. *Пржиялговский Е.С., Баталева Е.А., Лаврушина Е.В., Леонов М.Г., Рыбин А.К. (Przhivalgovskii E.S., Bataleva E.A., Lavrushina*

*E.V., Leonov M.G., Rybin A.K.)* **Строение и тектоническая эволюция Кочкорской впадины (Тянь-Шань) с учетом новых данных МТЗ** Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: НС РАН (2018 г.)

---

**23.** *Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В. (Przhiyalgovskii E.S, Lavrushina E.V.)* **Позднеальпийские структурные ансамбли Тянь-Шаня и их иерархическая соподчиненность** Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Матер. 7 Междунар. симпозиума. Бишкек: НС РАН (2018 г.)

---

**24.** *Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Матюков В., Забиякова О.Б. (Rybin A., Bataleva E., Morozov Yu., Leonov M., Przhiyalgovskii E., Matukov V. and Zabinyakova O.)* **Zones of concentrated deformation in the Central Tien Shan: geoelectric images and tectonic interpretation** Abstract, 24th EM Induction Workshop, Helsingor, Denmark, August 13-20, 2018 (2018 г.)

---

**25.** *Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.)* **Определение изотопного состава гелия  $^3\text{He}/^4\text{He}$  в газе термоминеральных источников Центрального Тянь-Шаня** НС РАН, Бишкек (2018 г.)

---

**26.** *Рыбин А.К., Баталева Е.А., Морозов Ю.А., Леонов М.Г., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Забиякова О.Б., Нелин В.О. (Rybin A.K., Bataleva E.A., Batalev V.Y., Matyukov V.E., Zabinyakova O.B., Nelin V.O., Morozov Y.A., Leonov M.G.)* **Особенности глубинного строения системы «Нарынская впадина – хребет Байбичетоо - Ат-Башинская впадина» по комплексу геолого-геофизических данных ДАН** (2018 г.)

---

**27.** *Рыбин А.К., Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Баталев В.Ю., Баталева Е.А., Матюков В.Е., Лаврушина Е.В., Забиякова О.Б., Щелочков Г.Г. (Rybin A.K., Leonov M.G., Przhiyalgovskii E.S., Batalev V.Yu., Bataleva E.A., Matyukov V.E., Lavrushina E.V., Zabinyakova O.B., Shchelochkov G. G.)* **Верхнекоровые структурно-морфологические ансамбли Памиро-Тяньшанского сегмента Центральной Азии и их отражение в геофизических полях** Вестник СПб ГУ. (2018 г.)

---

**28.** *Рыбин А.К., Матюков В.Е., Баталев В.Ю., Баталева Е.А. (Rybin A.K., Matyukov V.E., Batalev V.Yu., Bataleva E.A.)* **Глубинная геоэлектрическая структура земной коры и верхней мантии Памиро-Алайской зоны** Геология и геофизика (2019 г.)

---

**5.6. Возникли исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности (РИД), созданные при выполнении проекта:**

Нет

### 5.7. Публикационные показатели реализации проекта

(нарастающим итогом, данные формируются автоматически)

Показатели публикационной активности приводятся в отношении публикаций, имеющих соответствующую ссылку на поддержку Российского научного фонда.

Плановые значения указываются только для показателей, предусмотренных соглашением.

Показатели	Единица измерения	2016 г.		2016-2017 г.		2016-2018 г.	
		план	факт	план	факт	план	факт
Количество публикаций по проекту членов научного коллектива в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (SCOPUS)	Ед.	1	2	4	6	9	12
Число цитирований публикаций по проекту членов научного коллектива в научных журналах, индексируемых в международной базе данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) в отчетном году	Ед.		90		90		94
Количество публикаций по проекту членов научного коллектива в изданиях, учитываемых в базе данных «РИНЦ»	Ед.		2		14		22
Количество монографий по проекту членов научного коллектива	Ед.		0		2		2
Количество зарегистрированных результатов интеллектуальной деятельности по проекту членов научного коллектива	Ед.		0		0		0

### 5.8. Научным коллективом опубликовано с указанием на получение финансовой поддержки от Фонда по направлению научного исследования не менее 9 публикаций в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus):

да

#### Сведения о публикациях требуют корректировки (в том числе имеется дублирование)

да

#### Пояснения о необходимых изменениях в публикациях, представленных в отчетах прошлых лет\*:

\* В случае корректировок указать название публикации.

В Управление программ и проектов РФФ

report@rscf.ru

Уважаемые коллеги!

Хочу проинформировать Вас о следующем:

В итоговом отчете по проекту РФФ №16-17-10059 произошло искажение в таблице «Публикационные показатели реализации проекта», данные которой формируются автоматически. В строке «Количество публикаций по проекту, индексируемых в базах данных Web of Science или SCOPUS» в графе «Факт 2016-2018 г.» вместо показателя =12 должен по факту стоять показатель=10. Данная ситуация произошла из-за того, что две наши статьи были введены в систему в 2016 году, когда они были только что сданы в редакцию, при этом возникли рассогласования в с тем, что реально вышло в печать. Затем по ошибке эти же статьи, уже изданные, были повторно введены в систему, но с несколькими другими выходными данными. Таким образом, в системе получилось дублирование для 2-х статей в 2016-2017 гг., что и привело к искажению итоговых публикационных показателей проекта за 3 года. Мною было направлено письмо в службу реализации проектов report@rscf.ru с объяснением возникшей ситуации и запросом на удаление этих 2-х публикаций из системы. В ответе было сказано, что «Изменения в публикации прошлых лет внести нельзя». Копия переписки прилагается к данному заявлению.

Публикации, которые неправильно введены в систему, следующие:

1. Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Никитин А.В. (Leonov M.G., Przhivalgovskii E.S., Lavrushina E.V., Nikitin A.V.) ГРАНИТНЫЕ ОСТРОВНЫЕ ГОРЫ: МОРФОЛОГИЯ И ИНФРАСТРУКТУРА «Наука» РАН (2017 г.)
2. Леонов М.Г., Рыбин А.К., Баталев В.Ю., Матюков В.Е., Щелочков Г.Г. (Leonov M.G., Rybin A.K., Batalev V.U., Matukov V.E., Schelochkov G.G.) Гиссаро-Алай и Памир: тектоническая позиция, структура, история становления, структурно-

геологические модели. МАИК "Наука/Интерпериодика" (2017 г.)

Приношу свои извинения за ошибочную регистрацию этих 2-х публикаций в системе ИАС РНФ.

С учетом вышесказанного, фактическое значение показателя «Количество публикаций по проекту членов научного коллектива в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (SCOPUS)» за 2016-2018 гг. равно 10.

С уважением,

Руководитель проекта РНФ №16-17-10059 Рыбин А.К.

05 декабря 2018 г.

(Оригинал прилагается в печатном отчете)

**5.9. Возможность практического использования результатов проекта в экономике и социальной сфере (при наличии, в том числе формирование научных и технологических заделов, обеспечивающих экономический рост и социальное развитие Российской Федерации, создание новой или усовершенствование производимой продукции (товаров, работ, услуг), создание новых или усовершенствование применяемых технологий)**

Настоящим подтверждаю:

- самостоятельность и авторство текста отчета о выполнении проекта;
- что при обнародовании результатов, полученных в рамках реализации поддержанного РНФ проекта, научный коллектив ссылался на получение финансовой поддержки проекта от РНФ и на организацию, на базе которой выполнялось исследование;
- свое согласие с опубликованием РНФ сведений из итогового отчета о выполнении проекта, в том числе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»;
- что проект не имел других источников финансирования;
- что проект не являлся аналогичным\*\*\*\* по содержанию проекту, одновременно финансируемому из других источников.

---

\*\*\*\* Проекты, аналогичные по целям, задачам, объектам, предметам и методам исследований, а также ожидаемым результатам. Экспертиза на совпадение проводится экспертным советом Фонда.

---

Подпись руководителя проекта \_\_\_\_\_/А.К. Рыбин/

## Изменения в составе участников

Баталев Владислав Юрьевич [Исключен](#)

Баталева Елена Анатольевна

Леонов Михаил Георгиевич

Пржиялговский Евгений Станиславович