МГУ имени М.В. Ломоносова

Кафедра динамической геологии

№ госрегистрации
122022700010-3

УТВЕРЖДАЮ
Директор/декан
_____
Ермишин П.П.
«27» декабря 2022 г.

УДК

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:
Моделирование новейших геодинамических процессов, влияющих на сейсмичность и флюидную проницаемость осадочных толщ
(промежуточный)

Зам. директора/декана
по научной работе
_____
«27» декабря 2022 г.

Руководитель темы
Зайцев В.А.
_____
«26» декабря 2022 г.

Москва 2022

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы: заведующий лабораторией, кандидат геолого-минералогических наук, доцент/с.н.с. по специальности	_____	(Зайцев В.А.)
Исполнители темы: инженер 2-ой категории, кандидат геолого-минералогических наук	_____	(Агибалов А.О.)
аспирант	_____	(Арешин Н.А.)
инженер 1-ой категории	_____	(Грохольская Л.Л.)
профессор, доктор геолого-минералогических наук	_____	(Дубинин Е.П.)
научный сотрудник	_____	(Корбутяк А.Н.)
заведующий кафедрой, доктор геолого-минералогических наук, профессор по кафедре	_____	(Короновский Н.В.)
студент	_____	(Кошевой Н.Г.)
	_____	(Максимова М.А.)
доцент, кандидат геолого-минералогических наук, доцент по кафедре	_____	(Панина Л.В.)
заведующий лабораторией, кандидат геолого-минералогических наук, доцент/с.н.с. по специальности	_____	(Полетаев А.И.)
доцент, кандидат геолого-минералогических наук, доцент по кафедре	_____	(Романовская М.А.)
старший научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук	_____	(Симонов Д.А.)
	_____	(Солодкова Н.А.)
ведущий специалист , кандидат геолого-минералогических наук, кандидат геолого-минералогических наук	_____	(Солодкова Н.А.)
старший научный сотрудник	_____	(Спиридонов А.В.)
доцент, кандидат геолого-минералогических наук	_____	(Суханова Т.В.)
	_____	(Фадеева К.В.)

ведущий научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук	_____ (Фролова Н.С.)
техник	_____ (Чиж Е.И.)

РЕФЕРАТ

Ключевые слова:
сейсмичность, 3d компьютерное моделирование, тектонофизическое моделирование, дистанционные методы, фильтрационные параметры геологической среды., неотектоника, космическая геодезия
Ключевые слова по-английски:
neotectonics, 3d computer modeling, tectonophysical modeling, space geodesy, geodynamics, filtration parameters of the geological environment.

В 2022 году были выполнены работы по использованию комплекса полевых и камеральных методов, включающих анализ структурно-геоморфологических параметров, данные дистанционного зондирования, результаты сейсмического изучения недр, построение 3D геодинамических моделей, структурный парагенетический анализ, моделирование вторичных фильтрационно-ёмкостных свойств горных пород, компьютерное и физическое моделирование. Данный комплекс используемых методов как традиционных, хорошо зарекомендовавших себя и апробированных, так и современных инновационных технологий направлен на решение главной цели работ - моделирования механизма формирования неотектонических структур и оценки влияния новейшей геодинамики на флюидную проницаемость осадочных толщ и сейсмичность. В 2022 году работы проводились на территории Восточно-Европейской платформы, Крыма, Большого Кавказа и Предкавказья, Урала, Западно-Сибирской плиты, северной Монголии, западной части Чукотки, Дальнего Востока, острова Уруп (Большая Курильская гряда), хребтов Рейкьянес и Колбенсей (Северная Атлантика) и Западной Африки. Таким образом, выполненные исследования охватывали огромные территории, как в пределах Российской Федерации, так и Зарубежом. Выполненные исследования показали, что результаты моделирования могут успешно использоваться для поиска нефтяных и газовых месторождений, латеритных кор выветривания, сейсмического районирования, оценки безопасности атомных электростанций и хранилищ химических и радиоактивных отходов. По результатам выполненных исследований в 2022 году опубликовано 57 научных работ. Помимо этого, в рамках данной темы весной 2022 г. аспирантом кафедры динамической геологии Мануиловой Е.А. защищена диссертация на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Новейшие структуры Западно-Сибирской плиты и их связь с нефтегазоносностью».

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью работ, выполненных в 2022 году, являлось моделирование механизма формирования неотектонических структур в условиях молодых и древних платформ, а также орогенов. Помимо этого, была выполнена оценка влияния новейшей геодинамики на флюидную проницаемость осадочных толщ и сейсмичность. Было показано, что результатом такого влияния являются, во-первых, вторичные (новообразованные) фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) горных пород, определяющие способность вмещать (вторичная пористость) и фильтровать флюиды, и, во-вторых, сейсмические режимы, меняющиеся как по глубине, так и по латерали. Практическая значимость данной работы заключается в создании новой 3D цифровой технологии оценки вторичной проницаемости, а также применении этой технологии для прогноза нефтегазоносности осадочных бассейнов, особенно для месторождений с нетрадиционными (трещиноватыми) коллекторами и элементы сейсмопрогноза. Таким образом, основной научной задачей данного проекта является выявление геодинамически активных зон, где реализуется повышенная трещиноватость и связанная с ней флюидная проницаемость и сейсмичность. Предлагаемые работы требуют комплексных геолого-геоморфологических исследований, дополненных построением современных компьютерных и тектонофизических моделей новейших геодинамических процессов. Подобные исследования требуют с одной стороны, детальных структурно-геоморфологических работ, лежащих в основе геодинамического анализа, а с другой стороны должны охватывать региональные неотектонические структуры, обеспечивая высокую степень обзорности в сочетании с детальностью. В 2022 году работы проводились для территории Восточно-Европейской платформы, Крыма, Большого Кавказа и Предкавказья, Урала, Западно-Сибирской плиты, северной Монголии, западной части Чукотки, Дальнего Востока, острова Уруп (Большая Курильская гряда), хребтов Рейкьянес и Колбенсей (Северная Атлантика) и Западной Африки. Комплекс используемых методов включал как традиционные, хорошо зарекомендовавшие себя и апробированные методы, так и современные инновационные технологии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рассмотрим основные результаты работ, выполненных в 2022 году. Продолжены работы по созданию электронной версии атласа «Новейшей тектоники и геодинамики Восточно-Европейской платформы и ее обрамления». В рамках данной подтемы были выполнены следующие исследования:

1) Выполнено исследование влияния неотектонического фактора на формирование и сохранность месторождений нефти и газа республики Татарстан. В работе использовались методы структурно-геоморфологического и линеаментного анализов, морфометрический и Философова. В результате выполненных исследований было построено более 25 карт (масштаб исследований 1:500000), характеризующих формирование структур на разных неотектонических этапах. Данные карты коррелировались с распределением известных месторождений нефти и газа. В результате было установлено, что наиболее тесно статистически связана с нефтегазоносностью (K=0,59) базисная поверхность 7-го порядка, формирование которой проходило в плиоцене. Для понимания механизма влияния неотектонических деформаций и распределения углеводородов в осадочном разрезе северного склона Южно-Татарского свода были проведены детальные исследования по изучению влияния трещиноватости на фильтрационно-ёмкостные свойства (ФЕС) коллектора Елабужского месторождения. При разработке многих нефтяных и газовых месторождений необходимо учитывать наличие естественной трещиноватости продуктивных пластов. При этом возникает необходимость определить, какая доля флюидного потока будет фильтроваться по трещинам, а какая по межзерновым порам (классический коллектор). В том случае, если трещины имеют значительную густоту и степень раскрытости, их влияние может быть определяющим для величины флюидной проницаемости пласта. При прочих равных условиях распределение флюида в пределах природного резервуара определяется двумя факторами - степенью проницаемости горных пород и характером их напряженного состояния. Причем, напряженное состояние обусловливает не только направление и скорость миграции флюида, но и оказывает значимое влияние на величину проницаемости самих горных пород. Особо отметим важность изучения современного поля напряжений, определяющего тектоническую активность трещин. Таким образом, целью данных исследований является оценка и моделирование механизма влияния новейшей геодинамики на флюидную проницаемость осадочных толщ. Результатом такого влияния являются вторичные (новообразованные) фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) горных пород, определяющие способность вмещать (вторичная пористость) и фильтровать флюиды. Таким образом, для оценки вторичной флюидной проницаемости необходимо с помощью геомеханической модели реконструировать поле тектонических напряжений, формирующих трещиноватость, построить вероятностную модель распределения трещин и рассчитать трещинную проницаемость. Елабужское нефтяное месторождение относится к многопластовому типу со сложным геологическим строением. В данной работе рассмотрено влияние трещиноватости на фильтрационные параметры кыновско-пашийского горизонта (D3kn-D3ps) Елабужского месторождения. Для этой части разреза с помощью программного комплекса IrapRMS были построены 3D геологическая и геодинамическая модели. При построении учитывались отбивки 139 скважин. Благодаря интерпретации сейсмиче-

ских профилей выявлено 34 разрывных нарушения. Для определения внешней нагрузки на новейшем этапе, программный модуль RMSFracture программы IrapRMS предоставляет пользователю инструмент, с помощью которого можно оценить целый комплекс геодинамических параметров. Задавая различные ориентировки внешнего поля напряжений и типов приложения нагрузок, можно получить все возможные распределения геодинамических параметров. Затем необходимо сопоставить полученные данные с добычными параметрами скважин и выбрать тот вариант нагружения, который будет статистически наиболее тесно с ними связан. Моделирование проводилось с интервалом в 20 градусов и для трех типов приложения нагрузки – взбросовым, сбросовым и сдвиговым. Таким образом, всего было рассчитано 27 геомеханических моделей. В качестве параметров работы скважин были использованы величины накопленной добычи нефти (НДН) и средние дебиты добычи нефти для 139 вертикальных скважин. Сравнение проводилось с помощью коэффициента корреляции Пирсона. В результате выполненных исследований установлено, что статистически максимальное влияние на работу скважин оказали параметры геомеханической модели с северо-западной ориентировкой оси сжатия и вертикальной осью растяжения. Согласно концепции, разработанной Barton, Zoback, в резервуаре с разнонаправленными по отношению к текущему полю напряжений трещинами, проводящими (открытыми) будут те трещины, которые являются критически напряженными. В критически напряженном состоянии находятся трещины и разломы, азимут которых совпадает с азимутом оси напряжения или не превышает его на ±30 градусов. Такие трещины и разломы являются преимущественно открытыми и благоприятными для перетоков флюида в пределах резервуара. Помимо геодинамических параметров были построены карты величины начальных дебетов скважин для жидкости и нефти, величин поровой и вторичной проницаемости, эффективной мощности пласта, параметра «Сигма». В результате выполненного анализа удалось установить, что величина поровой проницаемости практически не влияет на работу скважин (коэффициент корреляции между этими параметрами равен 0,06). Коэффициент корреляции между вторичной (трещиноватой) проницаемостью и дебитами скважин значительно более высокий и для Елабужского поднятия он составляет 0,60. Это обстоятельство свидетельствует о том, что вторичная (трещиноватая) проницаемость имеет первостепенное значение для миграции нефти и добычных возможностей скважин. И это несмотря на то, что мы имеем дело с классическим, т.е. поровым коллектором. Кроме этого, только новейшая (современная) трещиноватость в терригенных отложениях может оказывать влияние на фильтрационные параметры среды, поскольку процесс кольматации или естественного внесения мелких (главным образом коллоидных, глинистых и пылеватых) частиц в «древние» трещины не способствует миграции флюидов. Таким образом, выполненное моделирование подтвердило принципиальную возможность влияния новейших деформаций на распределение флюида в пределах коллектора и показало высокую степень этого влияния. [14,15,25]

2) Выполнены исследования по оценки геодинамической безопасности территории Смоленской атомной электростанции и ее обрамления. В работе использовались методы структурно-геоморфологического и морфометрического анализа рельефа и построена компьютерная модель напряженного состояния. В результате выполненных работ были выявлены основные и ло-

кальные неотектонические поднятия рассматриваемой территории в масштабе 1:200000 и 1:500000. Помимо этого, установлены линейные и кольцевые «слабые» зоны, часть из которых являются отражением крупных разрывных нарушений фундамента платформы. Моделирование напряженного состояния, выполненное с помощью программного комплекса RMS компании ROXAR, позволило установить ориентировку и относительную величину поля напряжений отдельно для фундамента и чехла платформы. Были выявлены потенциально опасные участки с точки зрения сейсмичности, ассоциирующие с Десногорским и Рославльским глубинными разрывными нарушениями. Показано, что основные напряжения данной территории имеют сдвиговую кинематику с северо-западной ориентировкой оси сжатия. Наиболее геодинамически активная зона расположена в непосредственной близости от местоположения Смоленской атомной электростанции. [15]

3) Проведены полевые и камеральные работы, включающие комплекс структурно-геоморфологических, геологических, геофизических, геодезических методов, использовались данные бурения для территориии юго-восточной части Воронежского новейшего поднятия (Острогожское поднятие) и юго-западной части Окско-Донского прогиба. Составлены неотектоническая карта, геолого-геоморфологические профили и схема линеаментов, проанализировано строение разноглубинных и разновозрастных горизонтов осадочного чехла, фундамента. В полевых условиях изучена морфология и строение основных выделенных новейших структур; в зоне Лискинского разлома изучена трещиноватость меловых и плиоцен-четвертичных отложений и проведен ее анализ с применением структурно-кинематического метода; изучены современные экзогенные процессы (эрозия, карст, оползание). Рассмотрена субширотная зона Лискинского разлома, приуроченная к границе Воронежского поднятия и Окско-Донского прогиба. Разлом выделяется как в фундаменте, так и в осадочном чехле; в современном рельефе к нему приурочен широтный отрезок долины р. Дон. На составленной карте новейшей тектоники в пределах Острогожского поднятия выделены два локальных поднятия (Каменское и Пуховское), отличающиеся морфологией, строением и условиями формирования. В пределах юго-западной части Окско-Донского прогиба выделено молодое Прилискинское поднятие, сложенное деформированными девонскими, плиоценовыми и четвертичными отложениями. Деформирована и его поверхность. Разделяющий Острогожское и Прилискинское поднятия Масальский прогиб в настоящее время смещается к югу и вырождается из-за развития в его пределах молодых поздненеоплейстоцен-голоценовых локальных структур. Лискинский разлом представляет собой взброс с правосдвиговой составляющей, что согласуется с более ранними представлениями М.Л. Коппа. Строение и морфология новейших структур, трещиноватость пород, взбросовый тип Лискинского разлома, деформации разновозрастных пород и поверхности, вырождение Масальского прогиба свидетельствуют о геодинамических условиях сжатия, инициированных разными источниками напряжений: южного (со стороны Кавказа) и северного (со стороны ОДП). Встречный характер напряжений реализуется развитием узкого вырождающегося прогиба, разделяющего Каменское и Пуховское поднятия. Здесь же проявлен древний разлом фундамента, а земная кора раздроблена на блоки. Именно к этому району и прилежащей территории приурочена область концентрации эпицентров землетрясений и повышенная сейсмичность. Кроме

того, была проанализирована взаимосвязь сейсмичности и морфометрических характеристик рельефа (глубины вертикального расчленения, крутизны склонов, плотности линий вытянутости) Воронежской антеклизы. Отметим, что этот район характеризуется детальной изученностью в сейсмотектоническом отношении: за инструментальный период наблюдений здесь зафиксированы >300 эпицентров землетрясений малых магнитуд. Методом кластерного анализа рельефа выделены наиболее сейсмоактивные области, расположенные в центральной и юго-восточной частях антеклизы. Они отличаются высокой степенью тектонической раздробленности земной коры, в строении которой участвует множество небольших блоков разного состава — от гранитоидного до метабазитового. Полученный результат значим в методическом отношении, поскольку примененные нами приемы кластерного анализа рельефа могут быть использованы для выделения сейсмоактивных районов платформенных территорий. [5,6,8,37,46,47]

4) По новым данным о горизонтальных перемещениях пунктов ГНСС (англ. Global Navigation Satellite System, GNSS), анализ которых выполнен в обзорном масштабе для всей территории Фенноскандии, установлено, что на современном этапе она развивается как сводовое поднятие, в центральной части которого (в районе Ботнического залива) проявлена обстановка растяжения, а на периферии — сдвига и сжатия. Значения скорости деформации уменьшаются от центра поднятия к его периферии, что хорошо согласуется с результатами тектонофизического моделирования антиформной структуры, растущей при слабом горизонтальном сжатии. По-видимому, слабое сжатие связано со спредингом в Атлантическом океане, поскольку скорости линейной относительной деформации укорочения между пунктами HOFN (Исландия) – TORS (Фарерские о-ва) и TORS – TRDS (Тронхейм) незначительны и составляют 4.8×10-9 год-1 и 2.5×10-9 год-1, соответственно. Максимальная скорость деформации на территории Фенноскандии равна 8×10-9 год-1. Установленное закономерное изменение типа напряженного состояния от центральной части территории к периферии согласуется с решениями фокальных механизмов очагов землетрясений, разделенных методом катакластического анализа разрывных смещений Ю.Л. Ребецкого на 5 кинематических групп. Двум главным из них соответствуют обстановки взбросо-сдвига (ось сжатия ориентирована в северо-западных румбах) и сдвиго-сброса (в области растяжения в районе Ботнического залива). [1,4,7,28,43]

5) Выполнен сравнительный анализ новейшей геодинамики юго-восточной части Восточно-Европейской платформы и юго-западной части Западно-Сибирской плиты. Районы исследования расположены на юго-востоке Русской и юго-западе Западно-Сибирской равнин, разделенных Уральским горным сооружением. Территория района исследования охватывает 4 листа топографических карт N-40,41 и O-40,41. Масштаб исследования 1:500000. Проведенный структурно-геоморфологический анализ рельефа с использованием топографических карт и радарных изображений позволил выявить новейшие пликативные и разрывные структуры, а также слабые зоны (разрывов, трещиноватости) в областях Русской и Западно-Сибирской платформенных равнин, а также провести их сравнительный анализ. Установлено, что конфигурация и простирание новейших структур Русской равнины, обнаруживает сходство дислокациями Уральского орогена. Это обстоятельство указывает на влияние Урала на формирование пограничных структур

Восточно-Европейской платформы на неотектоническом этапе своего развития. В примыкающей к Уралу области Западно-Сибирской равнины ситуация другая. Здесь выявленные новейшие дислокации ориентированы, как правило, субширотно или имеют северо-восточное простирание, несогласное с доминирующим субмеридиональным простиранием основных структур Урала. Структурно-геоморфологическое дешифрирование дополнялось автоматизированной обработкой радарных изображений с использованием программы LESSA. Были построены карта линий вытянутости, на которой отражены основные ориентировки эрозионной сети, с нанесенными на нее распределением землетрясений; карты роз-диаграмм и плотностей гидросети. На карте линий вытянутости хорошо проявлены основные направления водотоков, линейный характер которых указывает на основные простирания слабых зон, а изогнутый, дугообразный или расходящийся по радиусу – на наличие пликативных структур. Установлена хорошая корреляция структур, выявленных в результате визуального (в ручном режиме) дешифрирования и линий вытянутости. Построенная карта роз-диаграмм совпадает с доминирующими простираниями слабых зон, отдешифрированных по топографической карте и космическому радарному изображению. Особого внимания заслуживает карта плотности эрозионной сети. Максимальные значения плотности локализуются в области Русской равнины, пограничной с Уралом, что указывает на более активный характер проявления новейших движений в результате воздействия на равнину Уральского горного сооружения. Следует заметить, что в области Западно-Сибирской равнины такого не наблюдается. Таким образом, области обеих равнин – Русской и Западно-Сибирской, примыкающие к орогену Урала, характеризуются разным рисунком новейших дислокаций, что особенно хорошо проявляется в их простираниях. На полученных материалах видно, как новейшие структуры Русской равнины находятся под влиянием деформаций Уральского орогена и формируются в едином с ним поле напряжения, т.е. субширотном сжатии. В то время, как новейшие дислокации Западно-Сибирской равнины не согласуются с уральскими, т.е. их простирания отличаются от простирания Уральского орогена. Здесь господствуют другие условия формирования, скорее всего обстановка субширотного растяжения или субмеридионального сжатия, которое испытывает Западно-Сибирская плита на новейшем этапе. Эти выводы хорошо согласуются с распределением сейсмичности, в частности с решением фокальных механизмов землетрясений, которые локализуются в пределах Уральского орогена и примыкающей к нему территории Русской равнины. [13,16,18,24,29,31,35,36,53]

6) С помощью дистанционных методов выявлены особые клиновидные структурные формы. Разработано и опубликовано описание предварительного варианта «Схемы геодинамически активных зон Восточно-Европейской платформы», образовавшихся в условиях всестороннего (внутриплатформенного) рифейского растяжения и фанерозойского всестороннего сжатия.[32]

В 2022 году были продолжены работы на территории Западно-Сибирской плиты по изучению новейшего строения, геодинамики, взаимоотношению структур плиты с окружающими тектоническими системами и выявлению связи новейших дислокаций с нефтегазоносностью. Ранее нами, используя комплекс геоморфологических методов, для территории Западно-Сибирской плиты, был установлен сводово-блоковый стиль новейших дисло-

каций, представляющий собой сочетание разного ранга пликативных (региональных и локальных) и разрывных дислокаций. За отчетный период с целью определения характера унаследованности и новообразования выявленных новейших дислокаций было проведено их сопоставление с геолого-геофизическими данными, а именно с картами четвертичных отложений, картами и профилями, построенными по разноглубинным отражающим сейсмическим горизонтам и др. Были выделены унаследованные, новообразованные и обращенные новейшие региональные пликативные структуры. Установлено, что унаследованные региональные структуры занимают 53% площади территории исследования и расположены по периферии Западно-Сибирской плиты, а также в её центральной и северной части. Унаследованные новейшие локальные структуры, осложняющие региональные, прослеживаются как в фундаменте (отражающий горизонт «А»), так и в осадочном чехле по отражающим горизонтам «Б», «Г» и «С». Характерно уменьшение амплитуд унаследованных локальных структур вверх по разрезу, а в современном структурном плане они становятся минимальны, что отмечается при сопоставлении геоморфологических и геофизических профилей. Что касается, разрывных дислокаций, то многие слабые зоны (разрывов, трещиноватости пород и др.) и новейшие разрывы, выявленные структурно-геоморфологическим методом, в той или иной степени коррелируют с глубинными разломами. При этом слабые зоны и новейшие разрывные нарушения фрагментарно отражают разломы фундамента и осадочного чехла, а также подчеркивают границы палеозойских рифтов, соответствуют простиранию разломов фундамента и, в меньшей степени, осадочного чехла. Выявленные закономерности позволяют говорить о том, что новейшие структуры Западно-Сибирской плиты формируются под влиянием фундамента. Комплекс морфометрических параметров, таких как коэффициент извилистости рек, коэффициент аномальных уклонов продольных профилей рек, коэффициент мегатрещиноватости и коэффициент общей расчлененности рельефа позволил выделить области с разной степенью неотектонической активности Западно-Сибирской плиты. Наиболее активными в неотектоническом отношении оказались: 1) область, ограниченная южной частью п-ва Ямал на севере до широты г. Ханты-Мансийск и Сургут на юге и от Уральских гор на западе до меридиана г. Тарко-Сале на востоке; 2) область, расположенная в юг-юго-западной части территории исследования в районе г. Тюмень и Белозерское; 3) область на юге, охватывающаяся территорию от г. Колпашево и Пудино на севере до г. Николаевка на юге; 4) область в юг-юго-восточной части Западно-Сибирской плиты; 5) область, прослеживающаяся вдоль восточной периферии Западно-Сибирской плиты. Ранее нами по структурному рисунку новейших дислокаций (комбинации лево- и правосторонних сдвигов) была установлена обстановка субмеридионального сжатия, в которой находится Западно-Сибирская плита, что совпадает в целом с напряжениями, которые испытывают структуры ее юго-восточного обрамления, а именно Салаирско-Кузнецкого щита и Алтае-Саянского орогена, Кузбасса. Эта обстановка не характерна для структур Уральского горного сооружения, которые находятся в условиях субширотного сжатия. Проведенный сравнительный структурно-геоморфологический анализ для пограничных областей Русской и Западно-Сибирской равнин показал, что под влиянием деформаций Уральского орогена находятся новейшие структуры Русской равнины, которые формируются в едином с ним поле напряжения,

т.е. субширотном сжатии. Эти выводы хорошо согласуются с распределением сейсмичности, которая локализуется в пределах Уральского орогена и примыкающей к нему территории Русской равнины. Для всей территории Западной Сибири было проведено сопоставление месторождений нефти и газа с новейшими структурами, их неотектонической активностью и характером унаследованности. По типам месторождений выделены три области, приуроченные к определенным неотектоническим провинциям. Среди них Ямало-Гыданская область, где локализуются газовые и конденсатные месторождения; Надым-Тазовская с развитыми здесь нефтегазовые и нефтегазоконденсатными месторождениями; область Широтного Приобья, к которой приурочены нефтяные месторождения. Установлено, что большая часть месторождений УВ (до 72%, Ямало-Гыданская область) сосредоточена в региональных унаследованных впадинах и в центральной неотектонически активной области (до 94%, Надым-Тазовская область). Также месторождения приурочены к сводам унаследованных локальных поднятий, к переходным зонам от поднятий к впадинам и к новейшим разрывам со сдвиговой составляющей. Месторождения газовой Ямало-Гыданской области тяготеют к участкам с высокой плотностью линеаментов, а нефтяной области Широтного Приобья — к участкам с низкой плотностью линеаментов. В рамках данной подтемы весной 2022 г. аспирантом кафедры динамической геологии Мануиловой Е.А. защищена диссертация на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Новейшие структуры Западно-Сибирской плиты и их связь с нефтегазоносностью».

Помимо региональных работ были выполнены детальные исследования на восточном склоне Среднего Урала, в междуречье Тагила и Нейвы и в районе г. Новоуральска. Целью исследования было определение причин развития негативных процессов на площадках строительства новых хранилищ опасных химических отходов. В связи с этим основные задачи включали: 1) выделение новейших структур, 2) анализ геологического строения территории площадок, включая буровые данные, 3) анализ разломов, их выражения в рельефе, 4) изучение трещиноватости и повышенной проницаемости пород, являющихся основанием строящихся объектов, 5) определение геодинамических условий развития новейших структур и прогноз развития различных процессов, влияющих на условия захоронения отходов. Был использован комплекс геологических и структурно-геоморфологических исследований территории, выполненных в разных масштабах с использованием данных бурения, инженерно-геологических, геофизических, геодезических, геохимических, гидрогеологических и других материалов. Сделан анализ трещиноватости с применением структурно-кинематического метода. В результате проведенных исследований удалось установить, что территория расположения объектов захоронения промышленных химических отходов находится в пределах следующих неотектонических структур: Осевое или Центральное поднятие Урала, Восточная структурная ступень и Нейво-Таватуйский прогиб. Они развиты над древним Тагильским синклинорием и Восточно-Уральским поднятием. Древняя субмеридиональная Серовско-Маукская система разломов в рельефе проявлена линеаментами. Некоторые разломы системы обновлены в новейшее время, являются сбросами (реже взбросами) и сдвигами, обуславливая границы молодых грабенов и горстов. Анализ рельефа, разрывных нарушений, новейших структур, показывает, что исследуемая территория на современном этапе находится в обста-

новке субширотного растяжения с правосдвиговой составляющей. В этих условиях развиваются локальные поднятия, на которых находятся участки строительства хранилищ. Условия растяжения дополняются и усиливаются процессом всплывания некоторых интрузивных массивов. Все это обусловливают повышенную трещиноватость и повышенную проницаемость пород основания строящихся объектов. В результате работ был составлен комплекс карт и схем различных масштабов. Анализ новейших структур, геодинамических условий, разрывных нарушений и трещин и др. показал, что территория исследования на современном этапе испытывает субширотное растяжение, приведшее к образованию открытой трещиноватости, раздробленности и повышенной проницаемости горных пород, что негативно влияет на условия захоронения опасных отходов: деформациям объектов, утечке радиоактивных элементов и загрязнению окружающей среды. Начато моделирование ореолов загрязненных подземных вод вблизи водоемов-хранилищ радиоактивных отходов «Карачай» и «Старое Болото» ФГУП ПО «Маяк» (совместно со «Спецгидрогеология»). [23,44,45]

Выполнены работы по изучению сейсмичности Крымского полуострова. Работы связаны с доизучением сейсмического районирования данной территории, выполненного на основе каталогов международного центра данных в Обнинске и Федерального исследовательского центра Единой геофизической службы Российской академии наук. Были рассчитаны параметры графика повторяемости. К визуализированному на карте сводному каталогу применен метод скользящего круглого окна диаметром 3 км с шагом 2 км по гексагональной сетке. Для каждой круглой ячейки было подсчитано количество входящих в нее землетрясений, а также сумма выделившейся в них сейсмической энергии (E = 3*10K), пересчитанная после в суммарный энергетический класс (K). При анализе выделившейся сейсмической энергии обособляются четыре зоны сейсмической активности: Севастопольская, Алупкинская, Ялта-Алуштинская и Судакская. Эти зоны совпадают с простиранием разломов, выделенных на карте домеловых образований 1983 г., и также включают большое количество выделенных палеосейсмических и сейсмогравитационных дислокаций. Кроме того, на территории полуострова они маркируются зонами повышенных концентраций линеаментов эрозионной сети, выделенных по картам масштабов 1:50 000 и 1:100 000. Была построена карта «Сейсмоактивных зоны и распределения суммарной сейсмической энергии на территории Горного Крыма». [12,42]

В рамках данной тематики в 2022 году были проведены комплексные научно-исследовательские работы на территории Большого Кавказа и Предкавказья, включая прибрежные области Черноморского бассейна. Построена детальная модель новейшего напряженного состояния на всю территорию Большого Кавказа и Предкавказья. Для построения данной модели использовалось программное обеспечение RMS Roxar. В рамках создания 3D геологической модели была создана трехмерная сетка. Размер ячейки составил 500*500 м. По созданной сетке с помощью встроенного модуля Fracture modeling [Roxar Software, 2012] рассчитывалось напряженное состояние и направления осей сжатия в горизонтальной плоскости. Для данного расчета в качестве неоднородностей были использованы выявленные с помощью структурно-геоморфологического анализа система новейших разрывных нарушений. В качестве внешней нагрузки было задано сжатие – СВ 30 градусов, поскольку эта ориентировка перпендикулярна складчатым

структурам Кавказа. Кинематический тип поля напряжений в данной модели выбран таким, при котором в горизонтальном направление – сжатие, в вертикальном – растяжение. Рассчитанное напряженное состояние относительно, так как абсолютные величины внешнего воздействия неизвестны. Помимо этого, для сравнения новейшего и современного полей напряжений была изучена сейсмичность (построены графики повторяемости), рассмотрены решения фокальных механизмов и проведен корреляционный анализ. При изучении сейсмичности все землетрясения из каталога (ЕГС РАН, USGS и другие) были разделены на несколько групп. Учитывая неравномерное распределение гипоцентров по глубине, было выделено три глубинных уровня: меньше 3 км, от 3 до 9 км и больше 9 км. Всего в каталоге насчитывается 32353 события. Каталог ЕГС РАН (eqru.gsras.ru), имеющий решения фокальных механизмов, насчитывает 141 события на изучаемой территории. Детально рассмотрены параметры сейсмичности, поле напряжений, решения фокальных очагов землетрясений для следующих сегментов неотектонического районирования: Абинское, Мзымтинское, Эльбрусское, Казбекское, Аргунское, Самурское и Ахтычайское, Западно Предкавказское, Центрально Предкавказское и Восточно Предкавказское. В результате выполненных исследований было установлено, что наибольшие величины новейшего напряженного состояния наблюдаются в местах пересечения двух и более разрывных нарушений: по правому берегу р. Терек, северо-восточнее городов Цхинвал, Сочи и Кисловодска. Для Предкавказья характерны более низкие значения напряженного состояния, которые протягиваются параллельно Кавказу: вдоль Манычской впадины и параллельно ей от севера Тихорецка в сторону Нефтекумска и Кизляра. Также есть участки повышенных значений напряженного состояния, которые имеют ориентировку, поперечную Кавказу: Сухум-Кисловодск, Цхинвал – Владикавказ и от Сочи к северо-востоку. Среди рассчитанных направлений сжатия преобладает субкавказское 20-30° СВ. Также в сторону восточной части Кавказа и Предкавказья проявляется и увеличивается число осей сжатия с направлением 340-350° СЗ. В Казбекском, Ахтычайском и Восточно-Предкавказском сегментах можно выделить еще одно направление – 70-80° СВ. В результате сравнения результатов моделирования с известными ориентировками современного поля напряжений, полученными благодаря решению фокальных очагов землетрясений, удалось установить, что направление главных осей напряжений на построенной компьютерной геологической модели на 69,2% отражает современное поле напряжений, которое по большей мере имеет унаследованный характер. Наиболее унаследованные ориентировки полей напряжений находятся в восточных сегментах (Аргунский, Самурский, Ахтычайский, Центрально- и Восточно-Предкавказские). Анализ решений фокальных механизмов показал, что тип подвижки в очагах землетрясений для средней (от 3 до 9 км) и большой (от 9 км) глубины отличаются. Для глубин до 9 км Ахтычайское и Самурское поднятие имеет сбросовый тип напряженно-деформационного состояния. Для Аргунского поднятия характерен сбросо-сдвиговый тип подвижек в очагах землетрясений. На западном Кавказе доминирует взбросовый тип. Характер сейсмичности позволяет разделить Большой Кавказ на две зоны: западную и восточную. На западе преобладают взбросовые подвижки, на востоке – сбросовые. В Предкавказье преобладают взбросовые компоненты, причем на Ставропольском своде - взбросы, а во впадинах - надвиги. Для глубин 9 км и бо-

лее на Ахтычайском, Самурском, Аргунском поднятиях преобладают гипоцентры с взбросовой подвижкой. В западной части Кавказа (Мзымтинское и Абинское поднятия) преобладает сбросовая компонента. Для Восточного Предкавказья характерно взбросовое напряженно-деформационное состояние. На Ставропольском поднятии преобладают сдвиго-взбросы, а на Западном Предкавказье – сбросы. То есть на западе преобладают сбросовые подвижки, а на востоке взбросовые подвижки очагов землетрясений. Наиболее сейсмически активными зонами являются Аргунское поднятие и Восточное Предкавказье, наименее активные – Абинское поднятие, Мзымтинское поднятие, Центральное и Западное Предкавказье. Однако характер сейсмичности на разных глубинах изменяется по интенсивности и по магнитудам. С глубиной увеличивается частота возникновения сильных землетрясений и величины выделяемой сейсмической энергии. Таким образом, удалось установить, что механизмы образования землетрясений на западном и восточном Кавказе отличаются. [2,6,9,17,30,48,51]

Рассмотрен более детально район Эльбрусского вулканического центра, который характеризуется повышенной проницаемостью земной коры. Согласно геофизическим данным, полученным разными методами, под Эльбрусом находится периферическая магматическая камера с расплавом, кровля которой расположена на глубине несколько километров ниже уровня моря. На существование камеры с расплавом также указывает фумарольная активность, зафиксированная в нескольких местах на склонах Эльбруса, и расположенные в непосредственной близости от него углекислые минеральные источники с ярко выраженной гидрохимической зональностью. Поскольку Эльбрус покрыт ледниковым панцирем со средней толщиной льда около 45 м, увеличение потока тепла к ложу ледников и потенциальное возобновление магматической активности может привести не только к катастрофическим вулканическим процессам, но и к катастрофическим гляциальным и флювиальным процессам, от которых могут пострадать Карачаево-Черкесская и Кабардино-Балкарская республики, а также южная часть Ставропольского края. Для того, чтобы осуществлять прогноз характера возможных извержений и объема извергаемого материала, необходимо восстановить историю развития вулкана, основываясь на результатах изучения продуктов его извержений. Последовательность формирования вулканогенных образований устанавливалась при помощи геоморфологического метода с учетом их петрохимических особенностей. Также был проведен критический анализ данных, полученных предшественниками. В результате была (а) предложена схема последовательности формирования вулканогенных образований и толщ, слагающих вулканическую постройку Эльбруса и расположенных в непосредственной близости от нее; (б) составлены схемы распространения вулканитов Эльбрусского центра на пять определенных временных срезов: (1) в эоплейстоцене, (2) в конце раннего неоплейстоцена, (3) в конце среднего неоплейстоцена, (4) в позднем неоплейстоцене перед началом второй фазы безенгийского оледенения, (5) в голоцене (со снятым ледниковым покровом); (в) составлены широтный и меридиональный разрезы современной вулканической постройки Эльбруса. В дальнейшем планируется продолжить изучение древних четвертичных вулканитов игнимбритового облика, распространенных в Северном Приэльбрусье и имеющих достаточно высокое гипсометрическое положение относительно русел современных рек. Актуальность их изучения

не вызывает сомнений, поскольку относительно их геологической позиции и генезиса существуют различные точки зрения. Одна из последних, например, заключается в том, что источник «ранних игнимбритов» Эльбруса, вероятно, располагался в районе современного Тырныауза, а Эльджуртинские граниты являются застывшим магматическим резервуаром, питавшим это извержение. [48]

Помимо региональных работ на территории Кавказа и Предкавказья были проведены полевые работы по выявлению новейших дислокаций в районе озера Маныч-Гудило в связи с изучением Сальского землетрясения 2001 года с помощью: структурно-геоморфологического метода, компьютерного дешифрирования и микросейсмического зондирования (ММЗ), а также установления напряженного состояния исследуемого района (работы выполнены совместно с сотрудниками ИФЗ РАН). Актуальность данной работы заключается в изучении малоамплитудных землетрясений для уточнения карты сейсмического районирования территории России, выявлении наиболее сейсмоопасных зон. Для решения поставленной задачи были использованы следующие полевые и камеральные методы: структурно-геоморфологический, компьютерное дешифрирование, морфометрический, микросейсмического зондирования, компьютерное трехмерное геологическое моделирование. В результате комплексного анализа всех исходных данных была построена 3D геодинамическая модель и построена карта напряженного состояния исследуемой территории, на которой были выделены три наиболее сейсмоопасные зоны, соответствующие наиболее высоким значениям максимального сжатия. Была доказана унаследованность формирования структур на данном участке, удалось предположить расположение и кинематику крупного разрывного нарушения, простирающегося вдоль реки Маныч, выявить сейсмогенерирующее дизъюнктивное нарушение. Также был предложен комплекс методов (структурно-геоморфологический, компьютерного дешифрирования, микросейсмического зондирования), которые хорошо коррелируют между собой и дополняют друг друга, что может говорить о целесообразном использовании их вместе в дальнейшем. Основным результатом данной работы является построенная геодинамическая модель напряженного состояния геологической среды, которая позволила выявить наиболее сейсмоопасные области. [19]

В 2022 году были проведены структурно-геоморфологические исследования в районе озера Хубсугул (северная Монголия). Интерес к изучению данного района связан с сильнейшим Хубсугульским землетрясением, произошедшим 12 января 2021 года. Данное землетрясение является самым сильным событием во всем Прихубсугулье за инструментальный период наблюдений – Mw=6.7, ML=6.9, глубина очага около 8 км, расчетная интенсивность сотрясений в эпицентре 9 баллов. Полевые работы проводились Институтом Физики Земли РАН совместно с ТувИКОПР СО РАН при участии сотрудника кафедры динамической геологии МГУ. Был выполнен структурно-геоморфологический анализ территории, картирование остаточных нарушений всех типов, тектонических уступов и следов древних землетрясений. Для полноты картины использовалась аэрофотосъемка с дрона. В результате построена 3D геолого-геоморфологическая схема района выхода на поверхность очага данного землетрясения. Выявлены сейсмоактивные разрывные нарушения. Построена детальная карта неотектоники данного района. Предложена геодинамическая модель проявления сейсмичности для

всего Прихубсугулья. Выполненные исследования показывают закономерное положение очага землетрясения, приуроченного к борту рифтовой Хубсугульской впадины, и единый (рифтовый) стиль развития морфоструктур на протяжении позднего плейстоцена, голоцена. [20,21,22]

В рамках данной темы «Моделирование новейших геодинамических процессов, влияющих на сейсмичность и флюидную проницаемость осадочных толщ» в отчетном году было выполнено аналоговое физическое моделирование одного из участков крупной сдвиговой рудной зоны (Баимская рудная зона Западной Чукотки – БРЗ) и сравнение результатов с природными структурами. В этой зоне имеют место несколько рудоносных гипабиссальных интрузивов, а также парагенетически связанных с ними медно-порфировых и эпитермальных систем с медной и золото-серебряной минерализацией. Структурный контроль локализации рудных штокверков не вызывает сомнений у изучавших этот район геологов. Аналоговое физическое моделирование позволяет подтвердить или опровергнуть существующие представления о структурообразовании, построить структурно-кинематические схемы, выявить зоны повышенной проницаемости в моделях и, возможно, наметить перспективные участки. Таким образом, данная работа является весьма актуальной. Для моделирования в 2022 г был выбран центральный участок Баимской рудной зоны Западной Чукотки с относительно крупным интрузивным телом (Екдыкгычский массив), поскольку этот участок хорошо изучен, а разрывы в этом теле образуют упорядоченные системы, что позволяет сравнивать их с результатами моделирования. В данной работе помимо аналогового физического моделирования использовались результаты структурно-геоморфологического дешифрирования с выделением «слабых зон» (зон повышенной трещиноватости), анализ трещинного структурного парагенеза, структурно-кинематическое моделирование и построение схем возможной локализации проницаемых зон. Территория БРЗ претерпело две фазы сдвиговой деформации – в начале левосторонние движения сдвигового типа, во время которых сформировалось насколько крупных извилистых пересекающихся сдвигов, а затем правосторонние движения по этим сдвигам. В начале второй фазы внедрилось несколько интрузий диоритового и монцонитоидного комплексов. Екдыкгычский массив относится к последнему. Это неглубоко залегающая, вытянутая, сужающаяся книзу интрузия, внедрившаяся на участке коленообразного изгиба Центрального сдвига БРЗ. Внутри и в окрестностях массива имеются многочисленные рудопроявления, а также месторождения Лучик, Куст и Песчанка. Интрузия и ее окрестности нарушены большим количеством разрывов, показанных на опубликованных схемах А.Ф. Читалина. Розы-диаграммы, построенные с использование этих разрывов, показывают два четких направления – субмеридиональное (под углом 15-20° к направлению сдвигания) и «косое» (под углом 75-80° к направлению сдвигания). Анализ ориентировок зон повышенной трещиноватости подтверждает эти построения. Эксперименты осуществлялись на приборе для тектонофизического моделирования с движущейся столешницей и двумя стенками – неподвижной и передвигающейся вместе со столешницей. К прибору крепилось приспособление, которое представляет собой металлический прямоугольный короб, прикручиваемый к прибору таким образом, что при перемещении он превращается в параллелограмм. Высота параллелограмма остается неизменной при помощи специального устройства. На дно приспособления укладывались плекси-

гласовые рейки, шириной 1 см (31 штука). Приспособление позволяет осуществить квазиоднородный сдвиг (распределенный сдвиг, или сдвиг в широкой зоне). Рейки покрывались слоем силиконового герметика, на который помещалась влажная каолиновая глина. В последней прорезался коленообразный «разлом» и над коленом делалось углубление по форме аналогичное Егдыкгычскому массиву В углубление закладывалась влажная каолиновая глина или насыпался песок. Далее осуществлялся правый сдвиг. В ряде опытов поверхность массива из влажной глины время от времени обильно смачивалась глицерином для того, чтобы понизить предел прочности глины, т.е. чтобы она стала более хрупкой. Сдвиг осуществлялся с малой скоростью – 3-4 см/час, а максимальная величина смещения составляла в среднем 10 см. Для обработки результатов производилась непрерывная съемка через каждые 60 сек. В результате сопоставления роз-диаграмм трещин, полученных при обработке результатов моделирования, и роз-диаграмм природных разрывов, показало, что предпочтительное меридиональное направление в точности совпадает с ориентировкой R-сколов в моделях. Вытянутые контуры медной минерализации крупного месторождения Песчанка и месторождений Куст и Лучик также вытянуты вдоль этого направления. Такую же ориентировку имеют кварцевые и медно-сульфидные штокверки Находкинского рудного поля, располагающегося немного южнее моделируемого участка. Сколы R’ в моделях совпадают по ориентировке со вторым направлением предпочтительной ориентировки разрывов на изучаемом участке. Однако по геологическим данным такие разрывы развиты внутри интрузивных тел, а в модельных телах, наоборот, их практически нет. Кроме того, в природе к разрывам этого направления местами приурочены цепочки рудопроявлений и дайки, что свидетельствует о раскрытости таких разрывов. Трещины отрыва, полученные в моделях в условиях «охрупчивания» материала, имитирующего интрузивные тела, не имеют соответствующих по ориентировке аналогов в природе. Таким образом, субмеридиональные разрывы и зоны минерализации связаны с формированием R-сколов в условиях правого сдвига, а не с зонами растяжения. Именно к R-сколам приурочена большая часть рудных штокверков и зон минерализации. Система разрывов ЮЗ-СВ направления в природном интрузивном теле может быть связана с формированием R’-сколов (точка зрения А.Ф. Читалина). Мы же предполагаем, что упомянутые разрывы являются трещинами отрыва, которые сформировались позже R-сколов, после того, как интрузивное тело остыло и стало более хрупким. В пользу этого говорят косвенные данные о раскрытости таких трещин в природе. Увеличение угла таких трещин с направлением сдвигания можно объяснить дополнительным сжатием поперек зоны сдвига (сменой обстановки простого сдвига обстановкой транспрессии). [49,50,52,57]

В отчетный период были продолжены начатые ранее исследования по проведению неотектонического анализа Дальнего Востока России в комплексе с исследованиями характеристик самоподобия гидросети, разломной тектоники и сейсмичности. Основной целью этих работ, наряду с изучением общей структурной организации и характера сейсмотектонических и новейших движений, являлось выявление соотношений между неотектоническими и современными движениями, сопоставления их с данными о сейсмичности. Кроме того, в ходе данных работ проводилось изучение применимости и возможностей фрактального подхода к решению задач новейшей

тектоники, дающего значительные преимущества при автоматической компьютерной обработке больших массивов данных. Ранее исследования проводились для отдельных районов Дальнего Востока России. В текущем году были проведены сводные исследования для обширной территории от Владивостока на юге до р. Уда на севере. И от Нижнезейской впадины на западе до побережья Татарского пролива на Востоке. Актуальность исследований, помимо методических аспектов, обусловлена и тем, что за последние десятилетия для данного региона изучения новейшей тектоники практически не проводилось. Новейшие тектонические движения неразрывным образом связаны с формированием рельефа поверхности Земли и рисунка гидросети. При этом неотектонические структуры могут развиваться не только неодновременно, но и неравномерно. Амплитуда и направленность новейших движений может меняться во времени, скорость воздымания на различных участках и в разные интервалы времени может быть разной, что оказывает значительное влияние и на рельеф, и на формирование рисунка гидросети. Поскольку большинство применяемых при составлении карт новейшей тектоники методов позволяет оценивать тектонические движения суммарно за весь неотектонический этап, а рисунок гидросети является более чутким параметром, и может значительно меняться в течение различных стадий своего формирования, возникает необходимость применения методики, позволяющий оценить стадийность неотектонических движений. Структурно-морфометрический метод, разработанный М.Ф. Философовым позволяет не только выявлять развивающиеся тектонические структуры, но и рассматривать их развитие во времени. Стадийность новейших тектонических движений можно определить на основании заложенного в метод предположения о том, что водотоки высших порядков развиваются длительное время, и отражают алгебраическую сумму движений за промежуток от их заложения до настоящего времени, тогда как водотоки низких порядков отражают неотектонические движения за меньший промежуток времени, и имеют более молодой возраст. Таким образом, в результате комплексного анализа монобазисных поверхностей водотоков разных порядков можно проследить стадии развития рельефа, что в свою очередь отражает эволюцию роста выраженных в рельефе новейших структур и, на наш взгляд, позволяет более точно определить соотношение новейших движений и новейших структур с рисунком гидросети. В связи с этим за основу при изучении новейших вертикальных тектонических движений нами был выбран именно метод структурно-морфометрического анализа, адаптированный для неотектонических исследований. Проведенный морфоструктурный анализ продемонстрировал, что рельеф Дальнего Востока России в пределах Хабаровского края и Приморья имеет унаследованный характер и в ходе неотектонического этапа развивался стадийно. По построенным сериям монобазисных и разностных поверхностей удалось проследить историю неотектонического развития изучаемого региона начиная с олигоцена. Выявлено, что на неотектоническом этапе формирование рельефа происходило в несколько стадий, что отразилось на формировании рисунка гидросети. Наиболее интенсивные вертикальные движения происходили на ранних этапах неотектонического развития региона. До конца олигоцена происходило приблизительно равномерное воздымание горных сооружений, таких как Буреинский хребет и Сихотэ-Алинь. По всей видимости синхронно с плиоценовым базальтовым вулканизмом, произошла активизация и верти-

кальных неотектонических движений по всей территории, причем наиболее интенсивными они были восточнее Центрально-Сихотеэ-Алиньского разлома. На протяжении плейстоцена на всей территории вертикальных движений значимой амплитуды, по всей видимости, уже не происходило, и в это время сформировался современный эрозионно-денудационный рельеф, характерный для изучаемого региона. На завершающих этапах неотектонического развития, в конце плейстоцена – голоцене, произошла незначительная активизация вертикальных движений со сменой структурного плана и проявлением в рельефе структур ССВ простирания, что отразилось в особенностях остаточного рельефа. В пределах Буреинского хребта границы областей с повышенным остаточным рельефом коррелируют с сейсмичностью региона. В пределах Приморья более интенсивная активизация вертикальных новейших движений восточнее Центрально-Сихотэ-Алиньского разлома, что нашло отражение в особенностях развития остаточного рельефа. Таким образом очевидно, что структурный план региона в ходе неотектонического этапа развития менялся. Причем в целом, Сихотеэ-Алинь характеризуется более интенсивными вертикальными тектоническими движениями на новейшем этапе, чем Буреинский хребет. Проведено сопоставление результатов морфоструктурного и фрактального анализов. В целом результаты показали удовлетворительную корреляцию. Максимумы предложенного нами ранее параметра самоподобия PRNS в основном совпадают с областями наибольшего приращения рельефа, а минимумы – с областями с наименьшим приращением рельефа, или с областями наиболее значительной эрозии. При этом следует отметить, что результаты анализа характеристик самоподобия гидросети в основном сопоставимы с проявлениями вертикальных тектонических движений на завершающих этапах неотектонического развития. В дальнейшем планируется продолжить развитие разрабатываемых методик. Поскольку в ходе морфоструктурного анализа возможно оценить только общее приращение рельефа, которое связано не только непосредственно с новейшими движениями, но и с эрозией, планируется разработка методов вычленения эрозионной составляющей из общего приращения рельефа средствами ГИС. [39,40]

Еще одним объектом исследования послужил о-в Уруп (Большая Курильская гряда), на территории которого активно проявлены современные геодинамические процессы, прежде всего, вулканизм и сейсмичность. По данным анализа рельефа выделены зоны повышенной проницаемости этой территории, структурно-геоморфологическим методом установлены признаки правосдвиговых смещений вдоль них. Кроме того, выявлены предполагаемые линейные морфоструктуры растяжения, отличающиеся перистым рисунком гидросети. Закономерности ориентировки этих элементов дешифрирования — предполагаемых правых сдвигов в восток-северо-восточном направления и мегатрещин отрыва, простирающихся в северо-западных румбах — соответствуют общегеологическим представлениям о юго-восточном сжатии территории и результатам проведенной нами обработки полевых замеров трещиноватости в программе Р. Алльмендингера Stereonet, на основании которой сделан вывод о проявлении сдвигового типа напряженно-деформированного состояния в северо-восточной части острова. [3,38,41]

На основе физического моделирования были воспроизведены условия формирования морфоструктурной сегментации спрединговых хребтов Рейкьянес и Колбенсей (Северная Атлантика). Полученные выводы свидетельству-

ют об образовании различной сегментации не столько за счёт кинематических различий хребтов, сколько за счёт различной интенсивности прогрева и ширины зоны прогрева вследствие асимметричного влияния Исландского плюма. Актуальность исследования определяется важной проблемой геодинамики: выяснению влияние мантийных плюмов на структурообразование в разных геодинамических обстановках. Рассмотрение этой проблемы было проведено на примере исследования особенностей морфоструктурной сегментации осевых зона спрединговых хребтов Рейкьянес и Колбенсей, подвергнутых асимметричному влиянию Исландского плюма. Хребты Рейкьянес и Колбенсей расположены к югу и к северу от Исландии, соответственно. Оба хребта отличаются наклонным по отношению к направлению растяжения простиранием. В случае с хр. Рейкьянес наклон оси составляет около 60 градусов, а у хр. Колбенсей – около 80 градусов. Хребты формируются в схожих геодинамических условиях: при ультрамедленном спрединге и при непосредственном термическом влиянии Исландского плюма. В то же время, их рельеф и осевая сегментация в значительной степени различаются, что невозможно объяснить только различиями в кинематике этих хребтов. Рельеф рифтовой зоны хр. Рейкьянес постепенно изменяется при удалении от Исландского плюма: северная часть до 60 градусов с. ш. имеет морфологию «осевых поднятий», характерную для быстроспрединговых хребтов, представленную горстообразным осевым поднятием. Начиная с 59 градуса с. ш., для осевой части появляется рифтовая долина с внутренней долиной и осевым неовулканическим поднятием, соответствующая медленноспрединговым хребтам с характерной морфологией «рифтовых долин». Рельеф осевой части хр. Рейкьянес представлен S-образными сегментами, морфологически выраженными в виде осевых вулканических хребтов (ОВХ), имеющих более ортогональное простирание по отношению к направлению растяжения (в среднем 70-75 градуса) по сравнению с осевой зоной хребта. Размеры ОВХ увеличиваются с юга на север по мере удаления от исландского плюма и увеличения степени прогретости мантии и количества расплава в осевой магматической камере: их длина колеблется от 5 до 40 км, ширина – от 1-2 до 10 км, а высота – от 50-200 м на юге хребта до 1000-1200 м на севере. Друг от друга хребты отделены небольшими нетрансформными смещениями (до 12 км), представленными в виде бассейнов с относительной глубиной до 500 м. Размеры межсегментных нетрансформных смещений увеличиваются по мере продвижения на юг. Морфология осевой зоны хр. Колбенсей также изменяется по мере удаления от центра Исландского плюма. Южная часть хребта представлена осевым поднятием с неовулканической зоной, занятой системой подводных гор и вулканических конусов. Днище рифтовой долины также занято широкой неовулканической зоной выраженной в виде скоплений вулканических конусов. Северная часть хребта, удаленная от Исландии, представлена хорошо развитой рифтовой долиной. Неовулканические зоны представляют собой отдельные сегменты длиной 100-140 км, отделённые друг от друга амагматическими нетрансформными смещениями, величиной от 10 до 20 км. С помощью метода физического моделирования было проведено исследование геодинамических причин, приводящих к различию морфоструктурной сегментации осевых зон этих спрединговых хребтов. Эксперименты проводятся в текстолитовой установке, состоящей из ванны, поршня, растягивающего модельное вещество, и системы внутреннего нагрева. В установке используется вещество, являющееся смесью

вазелина, парафина и церезина. Его свойства удовлетворяют критерию подобия океанической литосферы, включающему в себя плотность материала, его толщину и предел прочности на сдвиг. После плавления вещества в установке его верхний слой охлаждается вентилятором и по достижении необходимой толщины корки застывшего вещества (литосферы) начинается её растяжение с помощью поршня. Деформации модельной литосферы также определяются толщиной хрупкого слоя H и шириной ослабленной зоны W, являвшихся основными изменяемыми параметрами при проведении экспериментов. Наиболее соответствующие условия моделирования для сегментации северной части хребта Рейкьянес были выявлены при H=0,8 мм и W=4 см. Образующиеся трещины имеют слабоизогнутую или, реже, S-образную форму и носят эшелонированный характер. Величина оффсета между отдельными трещинами редко превышала 0,3-0,5 см, в редких случаях достигала 0,8-1 см, что соответствует морфоструктурам северной части хр. Рейкьянес, представляющих собой S-образные эшелонированные вулканические хребты. При увеличении мощности хрупкого слоя трещины изначальной сегментации увеличивались в длине, их перекрытия также увеличивались. Изменение ширины ослабленной зоны, прежде всего, влияет на длину трещин и угол их наклона. При уменьшении ширины длина трещин также уменьшается, а их простирание приближается к простиранию ослабленной рифтовой зоны. При одновременном уменьшении ширины ослабленной зоны (W=2,5-3 см) и увеличении мощности её хрупкого слоя (H=1-1,5 мм) образуется сегментация, более соответствующая участкам хр. Рейкьянес с морфологией рифтовой долины. Для южной части хребта Колбенсей вблизи Исландии наибольшие соответствия в морфоструктурной сегментации были выявлены при H=1 мм, W=4 см. При данных параметрах наблюдается образование трещин длиной 5-7 см с редкими трещинами длиной 1-1,5 см. Они располагаются субортогонально направлению растяжения. Перекрытия между трещинами минимальны и не превышают 0,5 см, а оффсет между ними – 0,3 см, что соответствует вытянутым на десятки километров неовулканическим зонам, соединённым небольшими нетрансформными смещениями (в пределах 10 км). Трещины имеют практически прямолинейную форму, а изогнутость наблюдается только в концевых перекрывающихся частях. Одновременное увеличение мощности хрупкого слоя (H=2 см) и уменьшение ширины ослабленной зоны (W=3 см) согласуется с уменьшением прогрева мантии и ширины осевой неовулканической зоны, что в рельефе выражается в переходе к морфологии рифтовой долины: уменьшении длины неовулканических зон и возрастании величины оффсета нетрансформных смещений. Аналогичные изменения наблюдаются и в экспериментах. Выявленная в экспериментах сегментация хорошо проявляется и в рельефе хребтов. Таким образом, экспериментальное изучение морфоструктурной сегментации спрединговых хребтов Рейкьянес и Кольбенсей показал, что общая геометрия морфоструктурной сегментации определяется кинематикой ультрамедленных спрединговых хребтов, в частности, углом наклона оси хребта относительно направления растяжения, тогда как морфометрические параметры структур хребтов Рейкьянес и Колбенсей зависят от температуры мантии и ширины зоны прогрева. Полученные результаты также отражают асимметрию влияния Исландского плюма на эти хребты: для северной части хр. Рейкьянес характерная мощность хрупкого слоя оказалась на 40% меньше, чем для хр. Колбенсей. В то же время,

ширина зоны прогрева остаётся одинаковой в обоих случаях. [11,33,34]

В 2022 году были продолжены работы по изучению геоморфологии Западной Африки. Впервые для территории самой крупной в Мире бокситоносной провинции Фута Джалон-Мандинго и ее обрамления в регионе проведено геоморфологическое районирование и показано, что бокситоносные латеритные покровы приурочены именно к плоскоступенчатой ассиметричной морфоструктуре Фута Джалон-Мандинго, сформировавшейся преимущественно по субгоризонтально залегающим породам платформенного чехла позднепротерозойского и палеозойского возраста. Основные результаты данной работы в 2022 году были опубликованы в виде трех монографий на русском, английском и французском языках под общим названием «Объяснительная записка к карте геоморфологических циклов бокситоносной провинции Фута Джаллон-Мендинго и ее обрамления (Западная Африка)». Использование комплекса дистанционных методов позволило подтвердить выделенные геоморфологические циклы на базе анализа поверхностей выравнивания и их картирования. Надежное датирование времени формирования рельефа дневной поверхности и знание этапов геоморфологического развития региона позволяет прогнозировать местоположение полезных ископаемых (особенно связанных с латеритными корами выветривания). [26,27,54,55,56]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

2022 год является первым этапом 5-и летней темы «Моделирование новейших геодинамических процессов, влияющих на сейсмичность и флюидную проницаемость осадочных толщ». Выполненные исследования охватывали огромные территории, как в пределах Российской Федерации, так и Зарубежом. Для выполнения исследований по данной теме был использован комплекс методов, позволяющий выявлять неотектонические структуры, а затем, моделировать геодинамические обстановки механизмов их образования. Моделирование проводилось, как с помощью специализированных компьютерных программ, так и физического моделирования. Выполненные исследования показали, что результаты моделирования могут успешно использоваться для поиска нефтяных и газовых месторождений, латеритных кор выветривания, сейсмического районирования, оценки безопасности атомных электростанций и хранилищ химических и радиоактивных отходов. По результатам проведенных исследований в 2022 году опубликовано 57 научных работ из которых 7 являются монографиями (в том числе на английском и французском языках). В рамках данной темы весной 2022 г. аспирантом кафедры динамической геологии Мануиловой Е.А. защищена диссертация на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук на тему «Новейшие структуры Западно-Сибирской плиты и их связь с нефтегазоносностью» под научным руководством доцента Паниной Л.В. Отметим, что комплекс предлагаемых методов и подходов к выявлению связи между новейшей геодинамической активностью и флюидной проницаемостью нефтегазоносных толщ является абсолютно новым в отечественной и мировой практике.

Список работ, опубликованных в 2022году.

1. Агибалов А. О., Полетаев А. И., Сенцов А. А. Обусловленность сходства облика рельефа котловин Ладожского и Онежского озёр общими особенностями неотектонических движений // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022. Материалы LIII Тектонического совещания. — Т. 1. — ГЕОС Москва, 2022. — С. 3–6.

2. Агибалов А. О., Сенцов А. А. Возможности использования глубины вертикального расчленения и средних отметок высот для построения 3D модели тектонической раздробленности Кавказа и Предкавказья // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) / — Москва: Москва, 2022. — С. 17–20.

3. Агибалов А. О., Сенцов А. А. Исследование четвертичных тектонических движений острова Уруп по данным морфоструктурного анализа рельефа // Материалы Международного молодежного научного форума Ломоносов-2022. — Подсекция Геофизика. — Москва: Москва, 2022.

4. Агибалов А. О., Сенцов А. А. Оценка максимальных магнитуд землетрясений Фенноскандии согласно руководству по безопасности РБ-019-18 // Научная конференция Ломоносовские чтения. Секция геологии. Подсекция динамической геологии. — МГУ Москва, 2022. — С. 8–9.

5. Агибалов А. О., Сенцов А. А. Оценка тектонической раздробленности по кривизне рельефа на примере Воронежской антеклизы и горноскладчатого сооружения Кавказа // Материалы всероссийской научной кон-

ференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) / — Москва: Москва, 2022. — С. 240–243.

6. Агибалов А. О., Сенцов А. А. Современные возможности геоморфологических методов для анализа новейшей геодинамики на примере Северо-Западного Кавказа, Воронежской и Волго-Уральской антеклиз // Всероссийская научная конференция ДОБРЕЦОВСКИЕ ЧТЕНИЯ: НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК. — Новосибирск: Новосибирск, 2022. — С. 15–17.

7. Агибалов А. О., Сенцов А. А., Зайцев В. А. Основные черты новейшей геодинамики котловин Ладожского и Онежского озер // Система Планета Земля: 25 лет сборнику Система „Планета Земля“. / Под ред. В. Л. Сывороткин. — Москва: Москва, 2022. — С. 282–285.

8. Агибалов, А. О., Зайцев, В. А., Мануилова, Е. А., Сенцов, А. А. Выделение сейсмически активных участков Воронежской антеклизы геоморфологическими и тектонофизическими методами. Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, 2 (2022), 3–10.

9. Агибалов, А. О., Сенцов, А. А., Фадеева, К. В., Зайцев В.А. Современные деформации Северо-Западного Кавказа и Предкавказья по данным ГНСС. In Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) (Москва, 2022), Москва, С. 133–137

10. Арешин Н. А. Физическое аналоговое моделирование трещинного структурного парагенеза в Егдыгкычском массиве Баимской рудной зоны // Материалы Международного молодежного научного форума Ломоносов-2022. — Подсекция Геофизика. — Москва: Москва, 2022.

11. Боголюбский В. А., Дубинин Е. П., Грохольский А. Л. Эволюция и условия формирования рифтовых зон Исландии по результатам физического моделирования // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990). — Москва: Москва, 2022. — С. 420–428.

12. Брянцева, Г. В., Веселовский, Р. В., Гущин, А. И., Короновский, Н. В., Косевич, Н. И., Латышева, И. В., Мышенкова, М. С., Назарова, В. М., Промыслова, М. Ю., Романовская, М. А., Стафеев, А. Н., Суханова, Т. В., Фролова, Н. С. Маршруты Крымской учебной практики по Общей геологии: учебное пособие. Грифон Москва, 2022.

13. Евстигнеева, А. Б., Евтушенко, М. С., Арешин, Н. А., Арешин, А. В. Влияние дегазации недр на атмосферные явления на примере Восточно-Европейской платформы // url: https://sibac.info/journal/student/200/264353. Студенческий, № 30(200) (2022).

14. Зайцев В. А., Панина Л. В. Влияние трещиноватости на фильтрационные параметры кыновско-пашийского горизонтов Елабужского месторождения (Татарстан) // НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ. Подсекция динамической геологии. — МГУ Москва, 2022. — С. 4–5.

15. Зайцев В. А., Панина Л. В. Моделирование флюидной проницаемости осадочных толщ // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со

дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) /— Москва: Москва, 2022. — С. 429–439.

16. Зайцев, В. А., Панина, Л. В., Полетаев, А. И., Агибалов, А. О., и др., Динамическая геология. 2022/1. Издательство Перо Москва, 2022.

17. Захаров В. С., Симонов Д. А., Коптев А. И. Количественная оценка потенциальных сейсмогенных оползневых смещений (на примере Сочи-Краснополянского района и Горного Алтая) // Динамическая геология. Электронный научно-образовательный журнал. — 2022. — № 1. — С. 34–58.

18. Зыков, Д. С., Полещук, А. В., Котова, Е. А., Агибалов, А. О., Мануилова, Е. А., and Хмаренко, А. А. Закономерности строения Мозырского соляного криптодиапира (Гомельская область, Республика Беларусь). Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, 5 (2022), 28–34.

19. Кошевой Н. Г., Зайцев В. А. Влияние неотектонических структур на сейсмичность прогиба Маныч-Гудило (западная часть Республики Калмыкия) // Электронный научно-образовательный журнал Динамическая геология. http://www.geodisaster.ru. — 2022. — № 1. — С. 151–151.

20. Кошевой Н. Г., Овсюченко А. Н., Бутанаев Ю. В. Использование БПЛА при извучении разрывных нарушений на примере северной Монголии // Научная конференция молодых ученых и аспирантов ИФЗ РАН. Тезисы и программа конференции. — М.: М., 2022. — С. 30–30.

21. Кошевой Н. Г., Овсюченко А. Н., Бутанаев Ю. В. Предварительные результаты структурно-геоморфологических исследований очаговой зоны Хубсугульского землетрясения 12.01.2021, mw=6.7 (северная Монголия) // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990). — Москва: Москва, 2022. — С. 66–69.

22. Куликова А. В., Агибалов А. О., Сенцов А. А. Полевая геологическая экскурсия по сейсмоактивным районам Горного Алтая // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) / — Москва: Москва, 2022. — С. 70–77.

23. Макарова Н. В., Суханова Т. В., Стафеев А. Н. Отражение влияния различных источников тектонических напряжений на формирование новейшей структуры Среднего Зауралья // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022. Материалы LIII Тектонического совещания. — Т. 1. — ГЕОС Москва, 2022. — С. 312–315.

24. Макеев, В. М., Пикулик, Е. А., Карфидова, Е. А., Агибалов, А. О. Четвертичная тектоника и геодинамика Московского региона. Вестник Московского университета. Серия 4: Геология, 2 (2022), 19–26.

25. Максимова М. А. Неотектоника и её связь с нефтегазоносностью республики Татарстан // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. Сборник статей X Всероссийской молодёжной конференции. — Москва: Москва, 2022. — С. 40–43.

26. Мамедов В. И., Макарова М. А., Зайцев В. А. Крупнейшая в мире бокситоносная провинция Фута Джалон-Мандинго (западная Африка). Статья 3: Влияние геоморфологического фактора и возраста рельефа на распределение, масштабы и качество залежей бокситов // Геология рудных месторождений. — 2022. — Т. 64, № 5. — С. 1–30.

27. Мамедов, В. И., Зайцев, В. А., Макарова, М. А., Пашков, В. С., Чаусов, А. А. Объяснительная записка к карте геоморфологических циклов бокситоносной провинции Фута Джаллон-Мендинго и ее обрамления (Западная Африка)/ под ред. Мамедова В.И. – Москва : Акварель, 2022. – 76 с.

28. Мельник Г. Э., Агибалов А. О., Сенцов А. А. Изучение современного напряженно-деформированного состояния Фенноскандии по данным ГНСС // Материалы Международного молодежного научного форума Ломоносов-2022. — Подсекция Геофизика. — Москва: Москва, 2022.

29. Панина Л. В., Зайцев В. А. Учебно-методическое пособие по проведению геолого-геоморфологической практики в районе Чашниковской впадины (геология, геоморфология и современные геологические процессы). — Издательство Перо Москва, 2022. — 154 с.

30. Панина, Л. В., Зайцев, В. А., Агибалов, А. О., Мануилова, Е. А., and Сенцов, А. А. Влияние новейшей геодинамики Северо-Западного и Центрального Кавказа на сейсмичность. Электронный научно-образовательный журнал Динамическая геология. http://www.geodisaster.ru, 1 (2022), 4–33.

31. Панина, Л. В., Зайцев, В. А., Агибалов, А. О., Сенцов, А. А. Основные черты неотектонического строения Восточно-Европейской платформы. НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ. Подсекция динамической геологии (2022), МГУ Москва, С. 6–7.

32. Полетаев А. И., Агибалов А. О., Спиридонов А. В. Дистанционные методы геологических исследований: вчера, сегодня, завтра (интернет-альбом). — Москва: Москва, 2022. — 120 с.

33. Рыжова, Д. А., Коснырева, М. В., Дубинин, Е. П., Булычев, А. А. Анализ геолого-геофизических данных Сейшельско-Маскаренского плато и прилегающих глубоководных котловин. Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей. Материалы 48-й сессии Международного научного семинара им. Д.Г. Успенского – В.Н. Страхова. Сборник научных трудов (2022), Издательство ВСЕГЕИ Санкт-Петербург, С. 222–227.

34. Рыжова, Д. А., Коснырева, М. В., Дубинин, Е. П., Булычев, А. А. Структурный анализ геофизических полей Сейшельско-Маскоренского плато и плотностное моделирование. In Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022. Материалы LIII Тектонического совещания (2022), vol. 2, ГЕОС Москва, С. 155–158.

35. Сенцов А. А., Агибалов А. О. Анализ сейсмотектоники Восточно-Европейской платформы на базе комплексного методического подхода // Всероссийская научная конференция ДОБРЕЦОВСКИЕ ЧТЕНИЯ: НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК. — Новосибирск: Новосибирск, 2022. — С. 283–286.

36. Сенцов А. А., Агибалов А. О. Новейшая геодинамика и сейсмотектоника Восточно-Европейской платформы – основные результаты // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) / — Москва: Москва, 2022. — С. 127–132.

37. Сенцов А. А., Агибалов А. О. Сравнительный анализ сейсмотектоники северного склона Воронежской антеклизы и Балтийской синеклизы // Материалы Международного молодежного научного форума Ломоносов-2022. — Подсекция Геофизика. — Москва: Москва, 2022.

38. Сенцов А. А., Агибалов А. О., Полещук А. В. Анализ неотектонических движений острова Уруп геоморфологическими и тектонофизическими

методами // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022. Материалы LIII Тектонического совещания. — Т. 2. — ГЕОС Москва, 2022. — С. 172–174.

39. Симонов Д. А. Крупномасштабный структурно-морфометрический анализ постледниковых областей // Инновации в геологии, геофизике и географии-2022. Материалы 7-ой Международной научно-практической конференции . — Москва: Москва, 2022. — С. 96–98.

40. Симонов, Д. А., Захаров, В. С., Гильманова, Г. З., Диденко, А. Н. Структурно-морфометрический анализ рельефа и фрактальные характеристики гидросети Хабаровского края и Приморья. Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990), Москва, 2022, С. 213–221.

41. Собисевич А. Л., Агибалов А. О., Сенцов А. А. Выделение активных разрывных нарушений сдвиговой кинематики острова Уруп структурно-геоморфологическими методами // Всероссийская научная конференция ДОБРЕЦОВСКИЕ ЧТЕНИЯ: НАУКА ИЗ ПЕРВЫХ РУК. — Новосибирск: Новосибирск, 2022. — С. 303–305.

42. Спиридонов А. В. Зоны вероятных очагов землетрясений Горного Крыма // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) / — Москва: Москва, 2022. — С. 103–107.

43. Стеблов, Г. М., Агибалов, А. О., Мельник, Г. Э., Передерин, В. П., Передерин, Ф. В., Сенцов, А. А. Анализ современных движений и деформаций земной коры Фенноскандии по данным ГНСС. Физика Земли, 4 (2022), 19–29.

44. Суханова Т. В., Макарова Н. В., Стафеев А. Н. Изучение трещиноватости горных пород района г. Новоуральск (Восточный склон Среднего Урала) при выборе мест строительства опасных объектов // Инновации в геологии, геофизике и географии-2022. Материалы 7-ой Международной научно-практической конференции / — Москва: Москва, 2022.

45. Суханова Т. В., Макарова Н. В., Стафеев А. Н. Мезо-кайнозойские отложения Зауральского пенеплена как среда захоронения опасных промышленных отходов // Сергеевские чтения. Фундаментальные и прикладные вопросы современного грунтоведения. Выпуск 23. (31 марта –1 апреля 2022 г.). — Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. — Геоинфо Москва, 2022. — С. 434–437.

46. Суханова Т. В., Макарова Н. В., Стафеев А. Н. Сейсмическая активность Лискинской зоны разломов (юг Восточно-Европейской платформы // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) /. — Москва: Москва, 2022. — С. 310–319.

47. Суханова, Т. В., Макарова, Н. В., Стафеев, А. Н., Надежка, Л. И. Неотектоническая активность Лискинской системы разломов (юго-восточная часть Воронежского поднятия). НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ. Подсекция динамической геологии

(2022), МГУ Москва, С. 17–20.
48. Фадеева К. В., Зайцев В. А. Связь новейшего и современного полей напряжений Большого Кавказа и Предкавказья // Электронный научно-образовательный журнал Динамическая геология. http://www.geodisaster.ru. — 2022. — № 1. — С. 121–150
49. Фролова Н. С., Корбутяк А. Н. Сравнение некоторых сейсмотектонических дислокаций с аналоговыми моделями сдвиговых зон // НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ЛОМОНОСОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ. Подсекция динамической геологии. — МГУ Москва, 2022. — С. 24–25.
50. Яковлев Ф. Л., Фролова Н. С. О строении земной коры каледонского и современного Таласского Алатау по профилю Шильбилисай – по данным предварительного определения величин соскладчатого горизонтального сокращения // Материалы всероссийской научной конференции Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных районов, посвященной 75-летию со дня рождения Е.А. Рогожина(1947–2021) и 115-летию со дня рождения В.В. Белоусова (1907–1990) / — Москва: Москва, 2022. — С. 490–500.
51. Agibalov A. O., Зайцев В. А., Sentsov A. A. New possibilities of geomorphological and tectonophysical methods for analyzing seismicity as applied to the northwestern Caucasus and Voronezh anteclise // Seismic Instruments. — 2022. — no. 58. — P. 302–310.
52. Frolova N., Kara T., Chitalin A. Tectonophysics modeling of baimka ore zone (western chukotka) // Advances in Geophysics, Tectonics and Petroleum Geosciences. Proceedings of the 2nd Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG-2), Tunisia 2019. — Switzerland: Switzerland, 2022. — P. 569–572.
53. Makeev, V. M., Pikulik, E. A., Karfidova, E. A., and Agibalov, A. O. Quaternary tectonics and geodynamics of the moscow region. Moscow University Geology Bulletin 77 (2022), 263–270.
54. Mamedov V. I., Makarova M. A., Zaitsev V. A. The world’s largest fouta Djallon–Mandingo bauxite province (west Africa): Part iii. the influence of geomorphic factors and the age of relief on the spatial distribution, size,and quality of bauxite deposits // Geology of Ore Deposits. — 2022. — Vol. 64, no. 5. — P. 498–527.
55. Mamedov, V. I., Zaitse, V. A., Makarova, M. A., Chausov, A. A., Pashkov, V. S. Explanatory notes for map of geomorphic cycles of Fouta Djallon-Mandingo bauxite province and environs (west Africa). Akvarel Moscow, 2022.
56. Mamedov, V. I., Zaïtsev, V. A., Chausov, A. A., Makarova, M. A., and Pashkov, V. V. Notice explicative pour la carte des cycles geomorphologiques de la province bauxitique Du Fouta Djalon-Mandingo et de son voisinage (Afrique de l’ouest). Akvarel Москва, 2022.
57. Yakovlev, F. L., Gaidzik, K., Voytenko, V. N., and Frolova, N. S. Balanced cross-section restoration in a complicated folded hinterland structure: Shilbilisaj profile, talas ridge, caledonian tien shan. Terra Nova 99, 99 (2022), 99.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Объем финансирования темы в 2022 году
Таблица А.1

Источник финансирования	Объем (руб.)	
	Получено	Освоено собственными силами
Денежные средства в виде субсидии на выполнение фундаментальных научных исследований в соответствии с госзаданием МГУ, часть 2 (р. 01 10)	6 518 000,0	6 518 000,0