

**Отчет о выполнении проекта № 22-17-00249**  
**«Плиоцен-раннеплейстоценовая перестройка структурного плана Аравийско-Кавказского региона и её влияние на палеогеографические обстановки, динамику биоты и среду расселения древнего человека»**  
**в 2024 году**

Тематика проекта соответствует направлению профильной деятельности организации Геологический институт Российской Академии Наук в области геологии и ее отраслей - стратиграфии, палеонтологии и неотектоники

**1.1. Заявленный в проекте план работы научного исследования на отчетный период**

**1. Полевые работы на Северном Кавказе, в частности, в западной и центральной частях Предкавказского прогиба. Изучение генезиса и истории новейшего развития прогиба, исследования его доакчагыльского и акчагыльского осадочного**

заполнения. Особое внимание будет уделено выяснению времени появления верхних моласс в прогибе, как индикаторов орогении Центрального и Западного Кавказа, изучению источников и путей их сноса. Работы по стратиграфии региона будут проводиться на разрезах континентальных плиоцен-четвертичных отложений Западного и Центрального Предкавказья. Планируется посещение опорных разрезов Краснодарского и Ставропольского краев, республик Адыгея, Карачаево-Черкессия, Кабардино-Балкария и Северная Осетия. Также отдельное внимание будет уделено выяснению роли новейших поперечных разломных зон и Транскавказского поднятия в поперечной сегментации прогиба и горной системы Большого Кавказа. Работы будут выполнены в июле – августе 2024 г. при участии Я.И. Трихункова, А.С. Тесакова, А.Н. Симаковой, В.С. Ломова, П.Д. Фролова, Якимовой А.А., Николаевой А.Д., В.В. Титова (ЮНЦ РАН), а также турецкого коллеги, седиментолога, проф. Х. Чилика.

2. Экспедиционные работы в Азербайджане будут включать работы в Астраханбазарском, а также Кусаро-Дивичинском предгорных прогибах. Работы в последнем не состоялись в 2023 году по причине закрытия приграничной зоны в Республике Азербайджан. Изучение генезиса и истории новейшего развития впадин, исследования их доакчагыльского и акчагыльского осадочного заполнения, а также рельефообразующих, частично, активных разломов на их границах. Будет проведено палеонтологическое опробование (моллюски, позвоночные) опорного разреза акчагыла и апшерона Дуздаг в Куринской впадине, которые не удалось провести в 2023 г. Планируется сбор остатков моллюсков, мелких и крупных позвоночных, отбор образцов для палинологического и остракодологического анализов. Работы будут выполнены в период апрель – октябрь 2024 г. при участии А.С. Тесакова, Я.И. Трихункова, В.С. Ломова, П.Д. Фролова, А.Д. Николаева, К.И. Юшина, а также азербайджанских коллег М. Пашаева, А. Ахметова.

3. Экспедиционные работы в Восточной Турции.  
В 2024 г. полевые работы будут проведены во впадинах северных предгорий Восточного Тавра и Армянского нагорья: Гёксунской, Элязигской, Хынысской (Хаджиомерской), Агрыйской и Хорасанской. Планируется изучение генезиса и истории новейшего развития впадин, исследования их доакчагыльского и акчагыльского осадочного заполнения, соотношений офиолитовых комплексов и пород кристаллического фундамента в их основании, а также рельефообразующих, частично, активных разломов на их границах. В частности, в Хорасанском бассейне планируется отобрать образцы, пылевой анализ которых позволит провести более точные корреляции между основными частями опорной Пекечикской толщи и их региональными аналогами, проследить динамику растительности и ландшафтов в плиоцене и раннем плейстоцене. Планируется также сбор остатков мелких позвоночных на выявленных в 2023 г. перепективных уровнях. Работы будут выполнены в период апрель – сентябрь 2024 г. при участии А.С. Тесакова, Я.И. Трихункова, В.С. Ломова, П.Д. Фролова, К.И. Юшина, а также турецких коллег – Х. Чилика и Ю. Каргиноглу.

#### 4. Командировки

- Командировки в Санкт-Петербург (на сессию Палеонтологического общества апрель 2024 г.) и другие конференции с докладами по тематике проекта.
- Рабочие командировки участников проекта в научные учреждения России для изучения музейных коллекций ископаемых и работ по лабораторно-аналитическим

исследованиям по теме проекта.

5. В 2024 г. будут проводиться химико-аналитические исследования образцов вулканических пород из разрезов южного Азербайджана, а также К-Аг датирование образцов из Восточной Турции. В задачи последнего входит: определение возраста туффитового слоя из подстилающих Пекеджикскую последовательность разрезов. Также будет проводиться лабораторная обработка образцов, для палеомагнитного, палинологического, малакологического и палеотериологического анализов, из разрезов плио-плейстоцена Северного Кавказа, Закавказья и Восточной Турции.

## 1.2. Заявленные научные результаты на конец отчетного периода

1. По материалам полевых работ 2023 года будет завершено исследование, посвященное Эльбистанскому (Чардакскому) землетрясению с магнитудой  $M_w$  7.6, которое произошло в Восточной Анатолии 06.02.2023 г. в 10:24 UTC и последовало за сильнейшим в регионе Восточно-Анатолийским (Пазарджикским) землетрясением с  $M_w=7.8$ , случившимся в тот же день в 1:17 UTC немного южнее. Будут обсуждены результаты полевых исследований поверхностных проявлений землетрясения, кинематика сейсмогенных разломов, реологические свойства вмещающих их пород и их влияние на амплитуду сдвиговых перемещений. Кроме этого будут обсуждаться тектонофизические и геофизические аспекты обоих Восточно-Анатолийских землетрясений. Результаты будут представлены в виде статьи в журнал «Геотектоника» с предварительным названием «Тектонические аспекты Эльбистанского (Чардакского) землетрясения 06.02.2023 г. в Турции».

2. Будет завершено исследование фауны и флоры осадочной последовательности Пекеджика в Восточной Турции и подготовлена к печати статья «Стратиграфическая последовательность Пекеджика: пограничные отложения плиоцена и плейстоцена в Восточной Турции» (Pekecik stratigraphic sequence: terrestrial Pliocene-Pleistocene transition in Eastern Turkey). В частности, будет проведен палинологический анализ более стратиграфически молодых разрезов последовательности, отобранных и подготовленных в 2023 году. Поскольку стратиграфическая последовательность района Пекеджика охватывает временной интервал от позднего плиоцена до конца раннего плейстоцена, в итоговую часть работы будет включена новая биостратиграфическая схема континентального плиоцена– раннего плейстоцена Восточной Турции и сопредельных регионов.

3. Планируется подготовка к печати статьи по раковинам пресноводных брюхоногих моллюсков прудовиков (Lymnaeidae) с необычной морфологией - очень узкая и высокая раковина, найденных в позднеплиоценовых (~3.6-4.2 млн.) отложениях местонахождения Чобаниса, расположенного в 50 км к северо-востоку от Измира (Западная Турция). По морфологии раковины они напоминают североамериканский род *Asella*, к которому сейчас относится только один вид, обитающий в великих озерах на границе Канады и США. В разное время к роду *Asella* относили 7 североамериканских и 10 евразийских видов. На сегодняшний день к этому роду относятся 6 видов, 1 современный североамериканский и 5 ископаемых из Евразии. Ревизия материалов по евразийским *Asella*-подобным прудовикам важна для разрешения вопроса о возможности трансконтинентальных миграций пресноводных моллюсков умеренной зоны в плиоцене или проявления

эффектов конвергентной морфологической эволюции в этой группе моллюсков.

4. В 2024 году будет завершена работа по изучению петрографического состава грубообломочного материала белореченской свиты. Изучение вещественного состава отложений предгорных краевых прогибов при проведении петрографического анализа позволяет восстановить историю горообразования путем определения источников и путей сноса грубых моласс, как индикаторов размыва поднимающихся орогенов. Плиоцен-четвертичное время знаменуется резкой и ускоряющейся тектонической активизацией Кавказского региона, вследствие чего стали преобразовываться растительность, животный мир и почвы. Изучение отложений белореченской свиты позволяют уточнить историю развития региона, перестройки речной сети бассейнов рр. Белая и Пшеха на двух временных срезах, соответствующим ниже- и среднебелореченской подсвитам. Предполагается выявить время эксгумации кристаллического ядра осевой зоны Главного Кавказского хребта и возможное изменение конфигурации гидрографической сети бассейнов во время активных орогенических поднятий. По материалам исследования будет подготовлена статья в журнал «Литология и полезные ископаемые» с предварительным названием «Верхние молассы западного Предкавказья как индикатор интенсивных поднятий Западного Кавказа». Статья будет базироваться на литолого-петрографическом анализе галек из верхних моласс западной части Предкавказского прогиба. Также планируется выяснение времени их появления в разрезах моласс и установление источников их сноса. Эти материалы помогут уточнить время начала интенсивной орогении Большого Кавказа.

5. Подготовка и сдача для опубликования в рецензируемый журнал итоговой статьи с рабочим названием «Сравнение новейшего развития западной и восточной краевых частей высокогорного поднятия Большого Кавказа и Предкавказья». Подготовка данной статья была запланирована на 2023 год, однако в связи с переключением внимания к изучению последствий Турецких землетрясений работа над ней была отложена. В статье будут представлены результаты геолого-геоморфологического анализа новейшего развития западного Кавказа и Предкавказья на основании исследований деформаций акчагыльской доорогенной поверхности, новейших перестроек речной сети северного склона горной системы в связи с поперечной сегментацией Большого Кавказа и подвижками по Пшехско-Адлерской и Самурской поперечным разломным зон, а также анализа выполняющих долины молассовых отложений.

6. Итогом работы по проекту станет статья с предварительным названием «Сравнительный анализ новейших внутригорных впадин Восточной Турции и Армении (строение, история развития, факторы образования, систематика, стратиграфия кайнозойского заполнения)». В статье будут представлены результаты сравнительного анализа новейших внутригорных впадин указанного региона по следующим параметрам: история формирования; структурообразующие факторы – роль разломов, роль магматизма, наличие офиолитов в основании, строение и история формирования структурного обрамления и осадочного заполнения, общая роль впадин в структуре и истории неотектонического развития Закавказья.

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

1. Проведены полевые работы на Северном Кавказе (июль-август 2024 г.).

Работало два отряда 1) палеонтолого-стратиграфический отряд (рук. А.С. Тесаков); 2) тектоно-стратиграфический отряд (рук. Я.И. Трихунков). В полевых работах принимали участие коллеги из других исследовательских организаций ПИН РАН, ЮНЦ РАН, ИИМК РАН и др. Работы палеонтолого-стратиграфического отряда проходили в Западном Предкавказье в Белореченском, Темрюкском и Анапском районах Краснодарского края. В низовьях р. Белой в районе г. Белореченска изучался опорный разрез нижебелореченской подсвиты около ж/д моста, доступный в летний меженный период. Была собрана значительная коллекция остатков крупных и мелких позвоночных первой половины позднего плиоцена, моллюсков. Изучение второго опорного разреза ниже плотины Нижневеденеевской ГЭС впервые позволило доказательно охарактеризовать эту более молодую часть последовательности остатками мелких и крупных млекопитающих середины раннего плейстоцена (поздний гелазий). Работами в Анапском районе около хутора Чекон было обнаружено новое местонахождение с фауной пресноводных моллюсков куяльницкого возраста (поздний плиоцен). Рекогносцировочный отбор проб и первичное их изучение показало, что здесь содержится переходный комплекс моллюсков между комплексом из местонахождения Абинск, представленного в основном пресноводными брюхоногими моллюсками и наземными формами и малакокомплексом из местонахождения Плевака с большим разнообразием крупных двустворчатых моллюсков семейства Unionidae и редкими плохо сохранившимися гастроподами. Дальнейшее изучение этих трех точек позволит уточнить стратиграфическое расчленение куяльницких отложений и пролить свет на динамику изменений палеогеографических обстановок конца плиоцена - начала плейстоцена в этом регионе. Из всех разрезов были отобраны образцы на палинологический и остракодологический анализы.

Работы тектоно-стратиграфического отряда прошли в западной и центральной частях Предкавказского прогиба. Здесь были исследованы разрезы континентальных плиоцен-четвертичных отложений бассейнов рек Черек, Баксан, Малка, Кубань, Лаба, Белая. Выполнены: комплексное лито-фаціальное и седиментологическое описание разрезов сармат-мэотических, киммерий-понтических и акчагыльских континентальных и морских отложений; их палеомагнитное, споро-пыльцевое, фаунистическое опробование, а также отбор образцов для радиоизотопного датирования. Особое внимание уделено выяснению времени появления верхних моласс в Предкавказском прогибе, как индикаторов орогении Центрального и Западного Кавказа, изучению источников и путей их сноса. В фокусе работ были разрезы надсарматских континентальных свит – лысогорской, армавирской и гавердовской. Отдельное внимание уделено выяснению роли новейших поперечных разломных зон в сегментации прогиба и горной системы Большого Кавказа. Подробно изучены детали морфотектоники и новейшего развития Пшехско-Адлерской зоны поперечных нарушений, ограничивающей Транскавказское поднятие с запада. Исследован целый ряд входящих в данную зону конседиментационных рельефообразующих разломов.

2. Запланированные в 2024 г. работы в Кусаро-Дивичинском предгорном прогибе не состоялись. Все ключевые объекты запланированных исследований находятся в приграничной зоне, которая так и не была открыта ко времени проведения работ в связи с нестабильностью в регионе. В отчетном году был проведен камеральный анализ полученных ранее данных о геологическом строении Талышского региона, структурном положении и параметрах активных разломов, а также особенностях новейшего вулканизма. Составлены карты активных разломов Астара-Талышской зоны (прил. 5а), отделяющей горное сооружение Талыша от Астраханбазарского

прогиба (Нижнекуринская впадина), а также проведены петрографические и химико-аналитические исследования проб из приразломных магматических тел с целью выяснения геодинамических обстановок времени разломообразования. Исследована последовательность неоген-четвертичных отложений

Астраханбазарского прогиба в северо-восточных предгорьях Талыша – морские отложения верхнего сармата, перекрытые более молодой толщей также морских осадков. На основании изучения палеомагнитных, споро-пыльцевых и фаунистических проб открыто новое местонахождение морских акчагыльских отложений, из которых извлечены остатки видов-индексов акчагыльских морских моллюсков *Aktschagylya cf. karabugasica* (Andrus., 1902), *Miricardium cf. dahestanicum* (Uspensk., 1931), *Cerastoderma cf. dombra* (Andrus., 1902), *Andrusella acuticarinata* (Andrus., 1902). Данное местонахождение важно для понимания распространения акчагыльского бассейна и неотектонических реконструкций.

3. Полевые работы в Восточной Турции проходили в два этапа. На первом этапе (сентябрь 2024 г.) исследована не активизированная во время катастрофического землетрясения 06.02.2023 г. часть разлома Улуова, с целью изучения его палеосейсмичности и выяснения периода повторяемости сильных землетрясений. Во взаимодействии с коллегами из Евфратского университета (Турция) изучен один из сегментов разлома Улуова в районе города Кале в провинции Малатья. Была заложена палеосейсмологическая траншея вкрест простирания разлома. При описании стенок траншеи был зафиксирован приразломный уступ одной из ветвей разломной зоны и серия сейсмогенных коллювиальных клиньев, выделяющихся на фоне сейсмически не нарушенных стратифицированных склоновых и пойменно-аллювиальных отложений. Из клиньев и облекающих их слоёв палеопочв были отобраны пробы OSL и органическое вещество на радиоуглеродный анализ. Второй этап (сентябрь 2024) включал продолжение начатых ранее структурно-геологических и стратиграфических работ в Хынысской и Пасинлар-Хорасанской впадинах (провинция Эрзурум). В Хынысской впадине уточнялась стратиграфия вулканогенно-осадочных толщ, отвечающих основным этапам развития впадины и её горного обрамления. Отобраны пробы базальтов, игнимбритов и пеплов на K-Ar датирование, а также проведена палеонтологическая ревизия морских осадочных толщ в основании впадины.

Исследованы структурно-геологическое положение и стратиграфическая последовательность Пасинлар-Хорасанской впадины. Прослежена и опробована нижняя часть опорного разреза Пекеджик (плиоцен-квартер) мощностью 200 м. Установлен озёрно-аллювиальный генезис и пёстрый литолого-гранулометрический состав толщи с наличием полимиктовых галечных конгломератов, свидетельствующих о размыве плиоценовых горных сооружений в южном обрамлении впадины. Изучен ярко выраженный горизонт морской акчагыльской ингрессии (слои с морскими диноцистами акчагыла). Ниже по разрезу исследованы залегающие с угловым и азимутальным несогласием подстилающие отложения вулканогенно-озёрной формация Араз-Деребаши. Отобраны палеомагнитные, радиоизотопные и палеонтологические пробы.

4. Осуществлены командировки по теме проекта на сессию Палеонтологического общества (апрель 2024 г.) с докладами по теме проекта (Якимова, Тесаков, 2024; Николаева и др., 2024, см. приложение). Состоялись рабочие командировки Трихункова Я.И., Ломова В.С., Юшина К.И., Симаковой А.Н., Николаевой А.Д. в г. Элязиг (Турция) для полевых работ в Восточной Турции, рабочая командировка

Фролова П.Д. и Тесакова А.С. в Природоведческий Музей в Белград (октябрь 2024 г.) для изучения коллекций позднеплиоценовых пресноводных моллюсков и мелких млекопитающих центральных Балкан, важных для корреляции отложений и фаун Кавказско-Анатолийского региона со стандартными европейскими биостратиграфическими схемами. Был также сделан доклад по палеонтологическому обоснованию апшеронских отложений Восточного Паратетиса на конференции RCMNS в г. Белград (Фролов П.Д., Тесаков А.С.).

5. За отчетный период проводилась камеральная обработка, как ранее собранных проб из отложений восточной Турции и Западного Предкавказья, так и новых материалов, полученных во время полевых работ этого года. В частности, изготовлены и изучены петрографические шлифы из отложений верхних моласс Западного Кавказа (гавердовская и армавирская свиты позднего миоцена), проведена пробоподготовка и химико-аналитические исследования образцов магматических пород из восточной Турции, Азербайджана и Северного Кавказа для радиоизотопного датирования; выполнены определения ископаемых моллюсков из куяльницких отложений Таманского полуострова; определены ископаемые моллюски, мелкие млекопитающие и проведен палинологический анализ верхней части плио-плейстоценовой последовательности Пекеджик (Восточная Турция). Проведена камеральная обработка образцов на остракологический анализ из разрезов куяльницких отложений Таманского полуострова Плевака, Крымск и Тиздар. Проведена подготовка образцов для изучения микроструктуры эмали коренных зубов полевок из местонахождений Крымск (Сев. Кавказ, *Promimomys*, *Mimomys*), Пашаурду (Вост. Турция, *Borsodia*), Пекеджик-2 (Вост. Турция, *Borsodia*) при помощи сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Получены детальные микрофотографии эмалевых типов у изученных таксонов.

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

1. Завершено исследование, посвященное Эльбистанскому землетрясению с магнитудой  $M_w$  7.6, которое произошло в Восточной Анатолии 06.02.2023 г. в 10:24 UTC и последовало за сильнейшим в регионе Восточно-Анатолийским (Пазарджикским) землетрясением с  $M_w=7.8$ , случившимся в тот же день в 1:17 UTC несколько южнее (Трихунков и др., 2024b). Установлено: 1. При Эльбистанском землетрясении активизировались смежные сегменты разломов Чардак и Улуова с левосдвиговыми смещениями общей протяженностью 148 км с максимальной амплитудой 7.84 м (Прил. 1а). Показано, что оба разлома имеют вертикальное или субвертикальное падение плоскостей и являются взресо-сдвигами, (Прил. 1б), заложенными на поздних стадиях региональной коллизии и секущими более древние структуры пологого детачмента. 2. Сейсмогенные сдвиги Эльбистанского и Пазарджикского ( $M_w=7.8$ ) землетрясений представляют выходы их очагов на земную поверхность. Размеры обоих очагов и амплитуды сейсмогенных смещений вдвое превосходят средние значения для континентальных землетрясений сдвигового типа. При этом, оба очага не распространяются глубже верхней части земной коры (16 – 20 км). Повышенные размеры очаговых зон и амплитуд сейсмогенных смещений, а также положение регионального сейсмогенерирующего слоя в верхней коре обусловлены: а) Присутствием офиолитовых комплексов Таврской сутуры облегчающих скольжение горных пород при сейсмических подвижках (Прил. 1в). На это указывают два выявленных максимума сдвиговых

смещений, приуроченных к областям распространения офиолитов или к их контактам с породами фундамента: в зоне Чардакского разлома с амплитудами смещений 5.7 – 7.84 м и в зоне разлома Улуова с амплитудами смещений 3.5 – 5.1 м (Прил. 1г); б) Подъемом кровли пород с пониженными скоростями Р-волн, захватывающих верхнюю мантию и нижнюю часть коры и интерпретируемых как породы с пониженной прочностью, разогретые под воздействием Эфиопско-Афарского суперплюма; в результате хрупкие сейсмогенные деформации были сконцентрированы только в верхней коре. (Прил. 1д).

2. Проведено исследование фауны и флоры осадочной последовательности Пекеджика в Восточной Турции. Сводный разрез аллювиально-озерных отложений мощностью несколько сотен метров на основании палеонтологических и палеомагнитных данных коррелируется с интервалом времени, включающим терминальный поздний плиоцен (пьяченций), гелазий, и начало второй половины раннего плейстоцена (калабрия), чему соответствуют фаунистические уровни Пекеджик А-В-С. На основании полученных пыльцевых спектров выделено 8 палинозон, характеризующих эволюцию растительного покрова и водного бассейна в позднеплиоцен-раннеплейстоценовое время. Прослежен общий тренд от преимущественно хвойных лесов плиоцена к лесостепной растительности раннего плейстоцена. Выявлены важные биостратиграфические реперы с высоким корреляционным потенциалом. Так, комплекс солоноватоводных диноцист на рубеже плиоцена-квартера указывает на проникновение во впадину вод акчагыльской трансгрессии (Trifonov et al., 2023). Наиболее молодые части разреза по материалам 2023 г. характеризуются палинофлорами, произраставшими в условиях прохладного климата и полностью пресноводными обстановками бассейна. Здесь начинают преобладать смешанные хвойно-мелколиственные леса в сочетании с лугово-степной растительностью. Богатая и разнообразная фауна преимущественно пресноводных моллюсков указывает на смену озерных озерно-аллювиальными условиями (Трифонов и др., 2024). Синтез данных по микротериофаунам региона позволил создать биостратиграфическую схему континентального плиоцена–раннего плейстоцена Восточной Турции и сопредельных регионов с выделением более 10 фаунистических уровней, коррелированных с региональными и континентальными биохронологическими схемами (Tesakov et al., 2024).

3. Изучены раковины пресноводных брюхоногих моллюсков семейства Lymnaeidae из позднеплиоценовых (~3.6-4.2 млн.) отложений Западной Турции с необычной морфологией - очень узкие и высокие раковины, напоминающие представителей североамериканского рода *Acella*. На сегодняшний день к этому роду относятся 7 видов. Один современный из Северной Америки, обитающий на границе Канады и США – *A. haldemani* (Binney, 1867), а также 6 ископаемых из Евразии: *A. gracillima* (Bittner, 1884), *A. lixianensis* Zhu, 1985, *A. sibirica* Bogachev, 1924, *A. subsimilis* (Stache, 1889), *A. subtilis* (Pavlović, 1931) и *A. transsilvanica* (Roth, 1881), большая часть из которых морфологически не похожа на настоящую *Acella*. В Белграде (Сербия) был изучен голотип *A. subtilis* (Pavlović, 1931) и установлено, что он не относится к роду *Acella*. Временной интервал ископаемых форм охватывает период от олигоцена до раннего плейстоцена. В кайнозое описано несколько межконтинентальных миграционных путей. В раннем палеоцене существовал мост Де Гир (71-63 млн), а в позднем палеоцене – раннем эоцене (57 и 56 млн. лет назад) - мост Туле, соединявшие Западную Европу с Северной Америкой (Brikiatis, 2014), а также Беренгийский мост, соединявший Евразию с Северной Америкой большую часть времени в раннем

и среднем кайнозое (Simonarson, Eiríksson, 2021). Хотя и была возможность межконтинентальных миграций для этих фаун, всё же наиболее вероятным объяснением сходства евразийских форм с американскими будет проявления эффектов конвергентной морфологической эволюции в этой группе моллюсков, а *Asella*-подобные формы из неогена Евразии следует выделить в отдельный род или же в подрод рода *Lymnaea*. (Прил. 7). Материалы подготовлены к печати. Изучение солоноватоводных двустворчатых моллюсков (род *Apscheronia*) из плиоценовых отложений Таманского полуострова и различных гипотез их происхождения позволило подтвердить предполагаемое опускание границы Акчагыла/Апшерона с уровня ~1.8 млн.л. до ~2.1 млн.л. (Прил. 8)

4. Завершена работа по изучению петрографического состава грубообломочного материала белореченской свиты (Ломов и др. 2025 (в печати). Установлено, что в плиоцене-раннем квартере кристаллическое ядро орогена было повсеместно вскрыто в результате широкого и глубокого размыва поднятий Западного Кавказа (Прил. 2в, 2б). Определены источники сноса и возможные пути транспортировки материала.

Полевыми работами 2024 года изучен петрографический состав терригенных отложений позднего миоцена Северного Кавказа, залегающих на морских осадках позднего сармата и имеющих признаки верхних моласс (гавердовская, армавирская, лысогорская свиты). Свиты датируются поздним сарматом - мэотисом и сложены полимиктовыми песками и галечниками с обломками кварца, гранитоидов и серых гнейсов, слаборазрушенных слюд и полевых шпатов, обломков магматических и метаморфических пород из состава кристаллического ядра кавказского орогена. По ориентации косых серий в прослоях песков и черепичному залеганию галек направление палеосноса однозначно определяется: для лысогорской свиты с ЮЗ на СВ, то есть с Центрального Кавказа в бассейн Каспия; для армавирской свиты с ЮВ на СЗ в Азово-Черноморский бассейн, аналогично современной эпохе (Прил. 2а). Размеры галек варьируют от галечно-валунных (лысогорская свита) до галечно-гравийных (армавирская) и гравийно-песчаных (гавердовская свита) по мере удаления от заложенного в сармате Транскавказского поднятия. Т.о., установлено, что в результате орогенных поднятий к концу сармата кристаллическое ядро Центрального и Западного Кавказа было вскрыто наиболее глубокими долинами рек. При этом Центральный Кавказ испытал в это время существенные (до высокогорных) поднятия, в то время, как Западный Кавказ явно отставал в скорости восходящих движений и, вероятнее всего, представлял собой возвышенную равнину с низкогорными поднятиями в осевой зоне.

5. Подготовлена статья Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Маринин А.В., Тверитинова Т.Ю., Ломов В.С. Новейшее горообразование Центрального и Северо-Западного Кавказа, разделенных Пшехско-Адлерской зоной нарушений (планируется к публикации в журнале «Геоморфология и палеогеография» в 2025 году). В статье на основании изучения стратиграфии и датирования моласс Предкавказского прогиба, а также исследования развития западнокавказской речной сети (Прил. 3а) приводятся новые данные об истории новейшего горообразования Северо-Западного и Центрального Кавказа, разделенных Пшехско-Адлерской зоной деформаций (Прил. 3б). Данная зона играет ключевую роль в поперечной сегментации орогена, ограничивая распространение его новейших поднятий, отложений понтического, киммерийского и кюльницкого бассейнов в

Предкавказье, проявляется в новейших перестройках речной сети. Приводятся данные о внутреннем строении, новейшей кинематике и напряженно-деформированном состоянии Пшехско-Адлерской зоны.

6. Завершен сравнительный анализ новейших внутригорных впадин Восточной Турции и Армении (Трифонов и др., 2024). Представлены результаты анализа строения и истории неоген-четвертичного развития 18-ти крупных впадин региона (прил. 4а). Приведены палеонтологические, магнито-стратиграфические и радиоизотопные данные. Выполненное сопоставление позволило выделить четыре стадии развития впадин, выраженные характером осадконакопления (прил. 4б): 1. морское осадконакопление; 2. преимущественно озерное накопление тонкообломочного материала, сносимого с невысоких поднятий; 3. озерно-аллювиальное осадконакопление со значительной долей грубообломочного материала, сносимого с соседних поднятий; 4. вовлечение впадин в общее поднятие региона, выраженное усилением врезания водотоков в ранее возникшие формы рельефа. В Севанской впадине общее поднятие сочетается с продолжающимся озерно-аллювиальным осадконакоплением. Выявлено последовательное омоложение 1 – 3 стадий развития впадин в северном направлении, которое связано с ростом и расширением к северу поднятия Таврского хребта в процессе его надвигания на Аравийскую плиту. В развитии впадин проявлено воздействие тектонических событий в Среднем и Южном Каспии. Это выразилось в раннем плиоцене несогласием и появлением грубообломочных пород, отразившим возрастание контраста вертикальных движений между Кавказским и Каспийским регионами и в конце позднего плиоцена – проникновением в некоторые впадины вод акчагыльской трансгрессии Каспийского моря. Особенности развития впадин не зависели от различий в их происхождении, которое определялось воздействием нескольких факторов. Среди них главными были движения по разломам в результате взаимодействия блоков литосферы и опускания, обусловленные перемещениями подлитосферных масс, выраженные вулканизмом. Влияние офиолитового субстрата и тектоно-вулканического подпруживания речных долин было второстепенным.

7. Исследованы детали геолого-тектонического строения Талышского орогена и обрамляющих его прогибов и впадин. Изучено структурное положение и параметры активных разломов региона, разделяющих блоки с различным режимом новейшего осадконакопления. Проведены химико-аналитические и петрографические исследования приразломных магматических образований и их последующих катакластических преобразований. Составлены карты активных разломов Астара-Талышской зоны, отделяющей горное сооружение Талыша от Нижнекуринской и Южно-Каспийской впадин (см. Прил. 5а). В опущенном крыле зоны исследован разрез неоген-четвертичных коррелятных отложений, включающий новое местонахождение эндемичной акчагыльской морской малакофауны.

1.5. Описание выполненных в отчетном году работ и полученных научных результатов  
на русском языке

В 2024 году в рамках проекта РНФ № 22-17-00249 проведены работы в области неотектоники и палеосейсмологии, комплексной лито- и биостратиграфии изучаемых районов. Важнейшие результаты включают:

1. Анализ Эльбистанского землетрясения ( $M_w=7.5$ ). Это сейсмическое событие произошло в Восточной Анатолии 06.02.2023 г., вслед за сильнейшим в регионе Пазарджикским землетрясением с  $M_w=7.8$ , случившимся в тот же день несколько южнее (Трихунков и др., 2024b). Эльбистанское землетрясение активизировало смежные сегменты разломов Чардак и Улуова с левосдвиговыми смещениями общей протяженностью 148 км с максимальной амплитудой 7.84 м. Оба этих разлома имеют вертикальное или субвертикальное падение плоскостей и являются взрезосдвигами, заложенными на поздних стадиях региональной коллизии и секущими более древние структуры пологого detachementa. Сейсмогенные сдвиги Эльбистанского и Пазарджикского землетрясений представляют выходы их очагов на земную поверхность. Размеры обоих очагов и амплитуды сейсмогенных смещений вдвое превосходят средние значения для континентальных землетрясений сдвигового типа. При этом, оба очага не распространяются глубже верхней части земной коры (16 – 20 км). Повышенные размеры очаговых зон и амплитуд сейсмогенных смещений, а также положение регионального сейсмогенерирующего слоя в верхней коре обусловлены: а) Присутствием офиолитовых комплексов Таврской сутуры облегчающих скольжение горных пород при сейсмических подвижках. На это указывают два выявленных максимума сдвиговых смещений, приуроченных к областям распространения офиолитов или к их контактам с породами фундамента: в зоне Чардакского разлома с амплитудами смещений 5.7 – 7.84 м и в зоне разлома Улуова с амплитудами смещений 3.5 – 5.1 м; б) Подъемом кровли пород с пониженными скоростями Р-волн, захватывающих верхнюю мантию и нижнюю часть коры и интерпретируемых как породы с пониженной прочностью, разогретые под воздействием Эфиопско-Афарского суперплюма.

2. Для плио-плейстоценового осадочного заполнения системы межгорных впадин Восточной Турции и Западного Закавказья на основании серии опорных разрезов и местонахождений ископаемых мелких позвоночных впервые разработана биостратиграфическая схема континентального плиоцена – раннего плейстоцена Восточной Турции и сопредельных регионов с выделением более 10 фаунистических уровней, скоррелированных с региональными и континентальными биохронологическими схемами. Новые фаунистические ассоциации и основные эволюционные линии, обнаруженные в регионе, подтверждают прямую корреляцию с европейской (ELMA/MN/MQ) и восточноевропейской (фаунистические комплексы/MQR-MNR) биохронологическими шкалами. Важные данные по палинологии, водным и наземным моллюскам, а также магнитостратиграфии объединяют рассмотренный материал в надежную местную биохронологическую систему. Последовательность биотических событий, идентичная общеевразийской, позволяет уверенно фиксировать диапазоны стандартных биохронов от раннего плиоцена до позднего раннего плейстоцена и региональные анатолийские зоны М-Р. Раннеплейстоценовый временной диапазон (зона Р) уточнен на основе данных о корнезубых полевках рода *Borsodia* и евроазиатских крупных полевках *Mimomys* ex gr. *pliocaenicus*. Предложены последовательные зоны для раннеплейстоценовых фаун с ранними некорнезубыми микротинами (Tesakov et al., 2024).

3. В статье Ломова и др., 2025 (в печати) были обобщены и дополнены данные о возрасте верхнемолассовых свит и установлено, что орогенные поднятия к концу сармата привели к вскрытию наиболее глубокими долинами рек кристаллического ядра Центрального и Западного Кавказа (Прил. 2б, 2в). Так, в составе полимиктовых галечников лысогогорской свиты (бассейн Терека) этап вскрытия ядра

отражен увеличением содержания гранитоидов, габброидов и гнейсов из осевой зоны орогена от 2 % до 60 %, а в отложениях гавердовской свиты - обломки сходных кристаллических пород представлены в песчано-гравийных фракциях.

4. По Западному Предкавказью дан краткий обзор фаунистически охарактеризованных верхнеплиоценовых континентальных отложений: киммерийского местонахождения Кабакова Балка (около 3.6 млн лет) близ пос. Саук-Дере, куяльницких отложений, вскрывающихся на участке Суворов-Черкесский – Крымск – Абинск, а также приведены данные по фауне нового местонахождения этого возраста с Таманского полуострова - Плеваке. Приведена характеристика комплексов моллюсков, рыб, амфибий и рептилий, мелких млекопитающих, а также данных по палинологии (Фролов и др., 2024).

5. Сравнительный анализ новейших внутригорных впадин Восточной Турции и Северной Армении (Трифонов и др., 2024) позволил дать обзор истории неоген-четвертичного развития 18-ти внутригорных впадин. Исследование базируется на материалах, полученных авторами за последнее десятилетие, в том числе в ходе выполнения проекта, дополненных опубликованными материалами других исследователей. Сравнительные результаты палеонтологических, магнито-стратиграфических и радиоизотопных данных по разрезам впадин позволило выделить четыре стадии их развития, выраженные характером осадконакопления: морское осадконакопление (i); преимущественно озерное накопление тонкообломочного материала, сносимого с невысоких поднятий (ii); озерно-аллювиальное осадконакопление со значительной долей грубообломочного материала, сносимого с соседних поднятий (iii); вовлечение впадин в общее поднятие региона, которое в большинстве впадин выражено усилением врезания водотоков в ранее возникшие формы рельефа. В Севанской впадине общее поднятие сочетается с продолжающимся озерно-аллювиальным осадконакоплением (iv). Выявлено последовательное омоложение (i)–(iii) стадий развития впадин в северном направлении, которое связано с ростом и расширением к северу поднятия Таврского хребта в процессе его надвигания на Аравийскую плиту. В развитии впадин проявлено воздействие тектонических событий в Среднем и Южном Каспии. Это выразилось в раннем плиоцене несогласием и появлением грубообломочных пород, отразившими возрастание контраста вертикальных движений между Кавказским и Каспийским регионами и в конце позднего плиоцена – проникновением в некоторые впадины вод акчагыльской трансгрессии Каспийского моря. Особенности развития впадин не зависели от различий в их происхождении, которое определялось воздействием нескольких факторов. Среди них главными были движения по разломам в результате взаимодействия блоков литосферы и опускания, обусловленные перемещениями подлитосферных масс, выраженными вулканизмом. Влияние офиолитового субстрата и тектоно-вулканического подпруживания речных долин было второстепенным. Полученные результаты создают предполсылки для дальнейшего прогресса тектоно-стратиграфических исследований в регионе.

Опубликовано 5 (7 с учетом кватрилей) статей по тематике проекта.

на английском языке

In 2024, work on the RSF project No. 22-17-00249 concentrated in neotectonics and paleoseismology, complex litho- and biostratigraphy of the studied areas. The most important results include:

1. Analysis of the Elbistan (Chardak) earthquake (magnitude Mw 7.6). This seismic event occurred in Eastern Anatolia on 02/06/2023, following the strongest East Anatolian (Pazardzhik) earthquake in the region with Mw=7.8,

which occurred on the same day slightly to the south (Trikhunkov et al., 2024b). The Elbistan earthquake activated adjacent segments of the Chardak and Uluova faults with left-lateral displacements with a total length of 148 km with a maximum amplitude of 7.84 m. Both of these faults have vertical or subvertical plane drop and are incision shifts formed in the later stages of the regional collision and cutting through the older structures of the gentle detachment. Seismogenic shifts of the Elbistan and Pazardzhik ( $M_w=7.8$ ) earthquakes represent the projection of their foci on the Earth's surface. The sizes of both foci and the amplitudes of seismogenic displacements are twice as large as the average values for continental earthquakes of the displacement type. At the same time, both foci do not extend deeper than the upper part of the Earth's crust (16-20 km). The increased sizes of focal zones and amplitudes of seismogenic displacements, as well as the position of the regional seismogenerating layer in the upper crust are due to: a) The presence of ophiolite complexes of the Taurus suture facilitating the sliding of rocks during seismic movements. This is indicated by two revealed maximum shear displacements associated with the areas of ophiolite occurrence or their contacts with the basement rocks in the zone of the Chardak fault with displacement amplitudes of 5.7 – 7.84 m, and in the zone of the Uluova fault with displacement amplitudes of 3.5 – 5.1 m; b) The rise of the roof of rocks with reduced P-wave velocities, capturing the upper mantle and lower part of the crust and interpreted as rocks with reduced strength, heated under the influence of the Ethiopian-Afar superplume.

2. For the Plio-Pleistocene sedimentary filling of the system of intermountain depressions of Eastern Turkey and Western Transcaucasia, based on a series of reference sections and localities of fossil small vertebrates, a biostratigraphic scheme of the continental Pliocene– Early Pleistocene of Eastern Turkey and adjacent regions was developed for the first time. More than 10 faunal levels were defined and correlated with regional and continental biochronological schemes. New faunal associations and the main evolutionary lineages found in the region confirm a direct correlation with the European (ELMA/MN/MQ) and Eastern European (faunal complexes/MQR-MNR) biochronological scales. Important data on palynology, aquatic and terrestrial mollusks, as well as magnetostratigraphy combine the considered material into a reliable local biochronological system. The sequence of biotic events identical to the pan-Eurasian one makes it possible to confidently identify the ranges of standard biochrons from the Early Pliocene to the Late Early Pleistocene, and the regional Anatolian M-P zones. The Early Pleistocene time range (zone P) was refined based on data on the rhizodont voles of the genus *Borsodia* and the Eurasian large voles *Mimomys* ex gr. *plioaenicus*. Successive zones have been proposed for Early Pleistocene faunas with early rootless arvicoline rodents (Tesakov et al., 2024).

3. The paper by Lomov et al., 2025 (in press) summarized and supplemented the data on the age of the upper molasse formations. It was established that end-Sarmatian orogenic uplifts led to the unroofing of the crystalline core of the Central and Western Caucasus by the deepest river valleys (Appendix 2b, 2c). Thus, the polymict gravels of the Lysogorskaya Formation (Terek basin) reflect the stage of core exposure in the increasing content of granitoids, gabbroids, and gneisses from the orogenic axial zone amounting to 2% to 60%. The deposits of the Gaverdovskaya Formation bear fragments of similar crystalline rocks in sandy-gravelly fractions.

4. A brief review of faunistically characterized Upper Pliocene continental deposits in the Western Precaucasus features the Cimmerian locality Kabakova Balka (ca. 3.6 Ma) near the Sauk-Dere settlement, and Kujalnikian sediments exposed in the Suvorov-Cherkessky - Krymsk - Abinsk section. Important data come from Plevaka, the new synchronous faunal locality from the Taman Peninsula. The paper presents data on mollusks, fishes, amphibians and reptiles, small mammals, and palynological data from this site (Frolov et al., 2024).

5. A comparative analysis of the newest intramontane basins of Eastern Turkey and Northern Armenia (Trifonov et al., 2024) results in an overview of the Neogene-Quaternary history of 18 recent basins. The study is based on materials obtained by the authors over the past decade, including the time term of the project, supplemented by published materials from other researchers. Comparative results of paleontological, magneto-stratigraphic and radioisotope data on the sections in these depressions indicate four stages of development, expressed in sedimentation types. These are marine sedimentation (i); predominantly lacustrine accumulation of fine-grained material eroded from low elevations (ii); lacustrine-alluvial sedimentation with a significant proportion of coarse-grained material transported from near-by highlands (iii); The general uplift of the region, affected most depressions in the increasing incutting into underlying deposits. In Sevan depression, the general uplift is combined with ongoing lacustrine-alluvial sedimentation (iv). A consistent northward decrease in the onset of the (i)–(iii) stages is associated with the growth and northward expansion of the Taurus Ridge uplift during its overthrust on the Arabian Plate. The depressions were affected by tectonic events in the middle and southern Caspian Sea. In the early Pliocene it was expressed by unconformable contacts and the appearance of coarse-grained sediments, reflecting the increasing contrast of vertical movements between the Caucasian and Caspian regions. Additional evidence comes from the deep penetration of the Akchagylia transgression into some depressions at terminal Late Pliocene. The specific features of the depressions' history were controlled by interplay of several factors and did not depend on differences in their origin. The main ones were movements along faults as a result of the interaction of lithospheric blocks and subsidence caused by movements of sublithospheric masses expressed by volcanism. The influence of the ophiolite substrate and tectonic-volcanic damming of river valleys was a secondary factor. The obtained results create prerequisites for further progress of tectonic-stratigraphic research in the region.

5 (7 according to quartiles) articles on the project topics were published.

## 1.7. Перечень публикаций за год по результатам проекта

1

Тесаков А.С., Фролов П., Симакова А., Якимова А., Титов В., Ранджан П., Челик Н., Трифонов В. [Plio-Pleistocene Small Mammal-Based Biochronology of Eastern Anatolia and Transcaucasus Quaternary](#) (2024) [wos](#), [scopus](#), [иные](#), [РИНЦ](#)

---

2

Трифонов В.Г., Тесаков А.С., Симакова А.Н., Челик Н., Фролов П.Д., Бачманов Д.М., Трихунков Я.И. [Сопоставление новейших внутригорных впадин Северной Армении и Восточной Турции](#) Геотектоника (2024) [wos](#), [scopus](#), [иные](#), [РИНЦ](#), «Белый список», [Q2](#)

---

3

Трихунков Я.И., Челик Н., Ломов В.С., Трифонов В.Г., Бачманов Д.М., Каргиноглу Ю., Соколов С.Ю. [Геологическая позиция, структурные проявления Эльбистанского землетрясения и тектоническое сравнение двух сильнейших сейсмических событий 06.02.2023 г. в Восточной Турции](#) Геотектоника (2024) [wos](#), [scopus](#), [rsci](#), [иные](#), [РИНЦ](#), «Белый список», [Q2](#)

---

4

Ломов В.С., Трихунков Я.И., Юшин К.И., Бачманов Д.М., Тесаков А.С., Лыков Н.А. Верхние молассы Предкавказского прогиба как индикатор новейшего горообразования западного Кавказа (на примере бассейна р. Белая) Вестник камчатской региональной ассоциации учебно-научный центр. серия: науки о земле (2025) [wos](#), [scopus](#), [rsci](#), [иные](#), [РИНЦ](#), «Белый список»

---

5

Фролов П.Д., Тесаков А.С., Иванова А.В., Куршаков С.В., Сыромятникова Е.В. [Меж двух морей: поздний плиоцен Тамани](#) Природа (2024) [иные](#), [РИНЦ](#)

#### 1.10. Информация о представлении достигнутых научных результатов на научных мероприятиях

стендовый доклад: Якимова А.А., Тесаков А.С. Новая форма плиоценовой полевки из Турции. Материалы LXX сессии Палеонтологического общества, Институт Карпинского, Санкт-Петербург: Палеонтологическое общество РАН. 2024. С.282–284.

устное выступление: Николаева А.Д. Генезис куюльницких отложений таманского карьера «Плевака» по остракодам (предварительные результаты). Конференция «Ломоносов-2024, МГУ: Москва. С.1.

устное выступление: Николаева А.Д., Тесакова Е.М. Остракоды и условия формирования разреза Плевака (южное Приазовье) в позднем куюльнике (ранний плейстоцен). XX Всероссийская научная школа молодых ученых-палеонтологов. Палеонтологический институт РАН: Москва. 2024. С.34-35.

устное выступление: Николаева А.Д., Тесакова Е.М., Фролов П.Д., Тесаков А.С. Остракоды позднего плиоцена Эрзурумского бассейна (Восточная Турция). Материалы LXX сессии Палеонтологического общества, Институт Карпинского, Санкт-Петербург: Палеонтологическое общество РАН. 2024а. С.116–117.

устное выступление: Николаева А.Д., Тесакова Е.М., Фролов П.Д., Тесаков А.С. Сверления на остракодах из позднего плиоцена восточной Турции. Палеострат.

20246. ПИН РАН: Москва. С.58-59.

устное выступление: Frolov P.D., Tesakov A.S., Popov S.V., Chepalyga A.L. 2024. New data on the distribution of the genus Apscheronia in the Euxinian basin. RCMNS interim colloquim & INHIGEO conference "100 years of the Paratethys (Laskarev, 1924) – Conceptual History and Modern Challenges" September 30th - October 1st, 2024. Abstract book. Serbian Geological Society, Belgrade, p.16.

устное выступление: Трихунков Я.И., Ломов В.С., Челик Х., Трифонов В.Г., Бачманов Д.М., Соколов С.А., Зеленин Е.А., Юшин К.И., Соколов С.Ю., Каргиноглу Ю. Тектонические аспекты Восточно-Анатолийского (Пазарджикского) и Эльбистанского (Чардакского) землетрясений 06.02.2023 в Турции // Материалы LV Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2024». Москва: ГЕОС. 2024. Том 2. С. 223-227

устное выступление: Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Ломов В.С., Соколов С.А., Шалаева Е.А., Юшин К.И. Неотектонические деформации речной сети Западного Кавказа и Предкавказья // Материалы LV Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2024». Москва: ГЕОС. 2024. Том 2. С. 227-232

устное выступление: Ломов В.С. Верхние молассы Предкавказского прогиба как индикатор новейшего горообразования Западного Кавказа (на примере бассейна р. Белая). Конференция «Ломоносов-2024, МГУ: Москва. С.1.

1.12. Информация (при наличии) о публикациях в СМИ, посвященных результатам проекта

1.12.1. Наименование СМИ

Природа

Заголовок (название)

Меж двух морей: поздний плиоцен Тамани

Выходные данные публикации о проекте

Фролов П.Д., Тесаков А.С., Иванова А.В., Куршаков С.В., Сыромятникова Е.В. Меж двух морей: поздний плиоцен Тамани. Природа, 2024, 2, С.1–14. doi: 10.7868/S0032874X24020014

1.12.2. Ссылка на адрес в сети Интернет (при наличии)

<https://priroda.naukapublishers.ru/journal/priroda/vypusk-2-2024-priroda/mezh-dvukh-morey-pozdny-plitotsen-tamani/>

## Итоговый отчет о выполнении проекта

№ 22-17-00249

### «Плиоцен-раннеплейстоценовая перестройка структурного плана Аравийско-Кавказского региона и её влияние на палеогеографические обстановки, динамику биоты и среду расселения древнего человека»

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)

В ходе выполнения работы мы планируем использовать как традиционные, так и инновационные методы Наук о Земле. Это определяет эффективность междисциплинарных исследований.

Изучение плиоцен-четвертичной тектоники и стратиграфии новейших отложений предполагает использование следующих методов и подходов:

1. Дистанционные методы: анализ космоснимков и цифровых моделей рельефа как источника предварительной информации о структурных особенностях участков проведения полевых работ; аэросъемка с квадрокоптера с целью создания собственных детальных цифровых моделей рельефа ключевых участков работ. Они необходимы для получения максимально актуальной и точной тектонико-геоморфологической информации.
  2. Анализ фрагментов базы данных активных разломов (Бачманов и др., 2017; (База данных..., 2019). Ревизия позднекайнозойской кинематики разломов неотектонических провинций Аравийско-Кавказского региона, расчет ориентировки осей напряжений, величин позднечетвертичных деформаций укорочения и удлинения и распределения сдвиговой деформации для оценки параметров вращения блоков с применением методики, разработанной участниками проекта (Бачманов и др., 2019).
  3. Тектонофизический анализ (по Ребецкому, 2007) сегментов разломов для изучения кинематических характеристик разломов и крупных разломных зон, в т.ч. Пшехско-Адлерской, Самурской, Южно-Таврского (Битлисского) надвига, Восточно-Анатолийской и Северо-Анатолийской разломных зон.
  4. Структурно-геологический и структурно-геоморфологический анализ участков работ крупнейших внутригорных впадин и их горного обрамления, изучение формы залегания и особенностей деформации плиоцен-четвертичных осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород.
  5. Литолого-фациальный анализ N2 - Q1 морских и континентальных отложений предгорных прогибов и межгорных впадин.
- Наибольший интерес для выбранного региона работ представляют отложения акчагыльской и апшеронской трансгрессий Каспия (3.5 – 1.0 млн. лет), поскольку могут быть использованы, как репер для оценки новейших поднятий. Акчагыльская трансгрессия имела максимальную площадь распространения и была сравнима по уровню с современным уровнем моря (до +100 м для акчагыльской трансгрессии по (Роров et al., 2010). Изучение их стратиграфии, возраста, структурно-геологического и структурно-геоморфологического положения является источником данных о времени палеотектонических и палеогеографических событий.
6. Метод коррелятивных отложений. Изучение стратиграфии и датирование коррелятивных отложений предгорных прогибов и внутригорных впадин позволяет

установить время начала накопления грубой молассы, как индикатора орогенных поднятий. При этом следует учитывать, что накопление валунно-галечных толщ может быть обусловлено двумя причинами: 1) Увеличением энергии водотоков в результате глубокого падения базисов эрозии; 2) Увеличением энергии водотоков в результате поднятия источников сноса (водораздельных поверхностей).

Глубокое падение базиса эрозии следует рассматривать как причину формирования отложений Продуктивной толщи (Киммерий/Zanclean), отвечающих по времени максимальной из известных Балаханской регрессии Каспия (до -750 м по Svitoch, 2014). Данное событие не может рассматриваться в качестве причины формирования отложений акчагыльского и апшеронского времени, ввиду уровня соответствующих бассейнов, близкого к современному. Также отложения грубой N2 - Q1 молассы не могут быть трактованы как флювиогляциальные ввиду возрастного несоответствия эпохе оледенений среднего плейстоцена. Генезис грубой молассы бакинского возраста (Chibanian) на данный момент дискусионен.

Таким образом, при убедительном датировании грубой молассы предгорных прогибов и внутригорных впадин АКР, привязанных к Понто-Каспийскому базису эрозии, мы приобретаем важный инструмент для датирования новейших поднятий региона и определения их скоростей.

7. Магнитостратиграфия осадочных отложений - стандартный и один из наиболее надежных методов определения возраста кайнозойских континентальных толщ. Восстанавливаемая лабораторными методами первичная намагниченность позволяет установить в разрезах зоны прямой и обратной полярности. Эти зоны сопоставляются со стандартной магнитостратиграфической шкалой, используя палеонтологические и геохронологические калибровочные данные.

8. Петрографо-геохимические исследования вулканических пород (лавы, туфы, игнимбриты) важны, как сами по себе для выяснения источников вулканогенных пород, так и как контекст при использовании радиоизотопных методов датирования. Для уточнения минерального и определения химического состава требуется изучение пород под микроскопом. Для заверки данных, полученных в ходе петрографических исследований, требуется анализ химического состава горных пород и их исследование с помощью специальных лабораторных методов. Синтез геологической, петрографической и геохимической информации позволяют дать объективное обоснование выводов об условиях формирования пород.

9. Методы абсолютной геохронологии. Относительная геохронология дает возможность судить лишь о последовательности геологических событий. Время их действия и продолжительность можно установить, только используя радиогеохронологические методы. Учитывая широкое распространение вулканитов на рассматриваемой территории и опыт предыдущих работ, наиболее актуальным для решения задач связанным с получением абсолютного возраста является K-Ar и Ar/Ar методы. Они себя зарекомендовали в многочисленных работах по датированию современных отложений. K-Ar и Ar/Ar датирование вулканических пород предполагается осуществить на базе масс-спектрометра MI-1201 IG в ИГЕМ РАН, Институте геологии и минералогии СО РАН. U-Pb датирование цирконов предполагается выполнить в ГИН РАН. Датирование вулканитов выполняется по породе в целом. Если размер зерен достаточен для их выделения, используются мономинеральные фракции амфибола, биотита, санидина, либо безводного вулканического стекла. Радиоизотопное датирование возможно и для осадочных пород. По аутигенным минералам хорошей сохранности (глауконит) определяют время осадконакопления, а анализ терригенных минералов из обломочных пород дает возраст более древних изверженных пород, служащих источником сноса.

10. Биостратиграфические методы:

Палеонтологические методы включают изучение ископаемых мелких и крупных млекопитающих, мелких позвоночных (рыбы, герпетофауна), наземных, пресноводных и солоноватоводных моллюсков, семенных флор и палинофлор. Именно палинологические данные важны для диагностики акчагыльских отложений в озерных бассейнах Армянского нагорья (Simakova et al., 2021).

В ходе исследования будет применяться биохронологический метод, т.е. ранжирование событий морфологической эволюции и таксономического состава древних организмов во времени с последующей калибровкой полученных последовательностей методами абсолютной и относительной геохронологии. Основной датирующей основой для этого метода служат необратимые стадии увеличения гипсодонтии корнезубых мимомисных молевок и увеличение сложности морфотипов некорнезубых полевок. Разрешающая способность этого метода позволяет выделять биохроны продолжительностью до 100 тыс. лет (Тесаков, 2004; Tesakov et al., 2020). В дополнение метода определения гипсодонтии используются исследования микроструктуры эмали коренных зубов грызунов, которая также позволяет фиксировать быстрые эволюционные перестройки и использовать их для целей биохронологии (Тесаков, 2004; Якимова, 2020)

Палеонтологические методы включают изучение ископаемых мелких и крупных млекопитающих, мелких позвоночных (рыбы, герпетофауна), наземных, пресноводных и солоноватоводных моллюсков, семенных флор и палинофлор. Именно палинологические данные важны для диагностики акчагыльских отложений в озерных бассейнах Армянского нагорья (Simakova et al., 2021).

Одним из инновационных методов уточнения стратиграфического взаимоотношения разрезов между собой планируется применение аминостратиграфического метода, который использует в качестве геохронометра процесс рацемизации аминокислот органических остатков захороненных живых существ. При этом прижизненные L-изомеры в ходе этого процесса переходят в D-изомеры. Его скорость постоянна и зависит, кроме времени еще от температуры среды и некоторых других факторов. Соотношение L- и D-изомеров указывает на время, прошедшее после захоронения. В общем случае различные аминокислоты полностью рацемизируются за значительные интервалы времени, позволяя датировать отложения как в пределах всего четвертичного периода (2,5 млн. лет), так и в более древних интервалах позднего кайнозоя (Tesakov et al., 2020).

#### Общий план

1 год.

Обобщение данных о распространении морских акчагыльских отложений и изучение опорных N2 – Q1 разрезов впадин Предкавказья и Восточной Турции: литолого-фациальный и стратиграфический анализ отложений впадин, их палеомагнитное и палеонтологическое опробование. Изучение континентальных аналогов акчагыльских морских отложений Предкавказья и Нижнего Дона. Изучение новейшей тектоники зон сочленения Северо-Западного и Западного Кавказа, Предкавказья.

Полевые работы: Азербайджан, Краснодарский Край, Адыгея, Восточная Турция  
Научная командировка для участия в международной конференции INQUA-SEQS, Russia, September 2022.

2 год.

Создание биохронологической схемы позднего плиоцена - раннего плейстоцена Западной Армении и Восточной Турции. Палеонтологическое описание терио- и малакофаун плио-плейстоцена Восточной Турции. Биостратиграфическое датирование ергенинской аллювиально-дельтовой толщи. Сравнительный анализ крупных поперечных структур Большого Кавказа (Пшехско-Адлерская и Самурская

зоны), разделяющих его низко- и высокогорные сегменты.

Полевые работы: Дагестан, Краснодарский Край, Восточная Турция

Научная командировка для участия в международной конференции XXI INQUA Congress. Roma, Italy, 13-20 July 2023.

3 год.

Сравнение распространения морских отложений и их континентальных аналогов в пределах изучаемого регионов для оценки времени начала, амплитуд и скоростей новейших поднятий. Сравнительный анализ геологической истории внутригорных впадин Армянского нагорья. Палеонтологическое описание фауны млекопитающих и моллюсков континентальных аналогов акчагыла на Северном Кавказе. Обобщение данных о неотектонической, гидрологической, био-климатической и палеоантропологической истории Аравийско-Кавказского региона в плиоцене и раннем плейстоцене.

Полевые работы: Азербайджан, Дагестан, Ростовская область

Ожидаемые результаты

1. Будет проведена ревизия фактических материалов предшественников и собственных полевых данных об акчагыльской трансгрессии и её отложениях. Будет создана палеогеографическая карта распространения акчагыльского бассейна на основе цифровых моделей рельефа с учетом особенностей плио-плейстоценовой орографии и гипсометрии максимальных отметок уровня трансгрессии, а также новых данных по акчагылу Закавказья. Будет подготовлена к печати статья в журнале из списка WoS (статья 2022 год).
2. Характеристика опорного разреза Пашаурду (Восточная Турция), описание динамики озерно-аллювиальной седиментации в Эрзурумской межгорной впадине в конце позднего плиоцена, уточнение стратиграфического положения разреза по данным биостратиграфии и палеомагнетизма. Будет подготовлена к печати статья в журнале из списка WoS (статья 2022 год).
3. Реконструкция новейшего развития Севанской впадины Армянского нагорья на основе анализа магнито- и биостратиграфических данных, а также данных радиоизотопного датирования. Характеристика палеогеографии Севанской и Ширакской впадин в плиоцен-четвертичное время (статья 2022 года).
4. Описание кинематических особенностей, амплитуд перемещений, и этапов развития основных поперечных структур Большого Кавказа, отражающих его новейшую меридиональную дифференциацию и обобщение полученных ранее данных. Будет подготовлена к печати статья по теме: Пшехско-Адлерская поперечная зона разломов на границе низкогорного Северо-Западного и высокогорного Западного Кавказа и её сравнение с ранее изученными поперечными зонами Большого Кавказа (статья 2023 года).
5. Критический анализ традиционной (Невеская и др., 2005) и альтернативной (van Baak et al., 2019; Lazarev et al., 2021) возрастных моделей акчагыла и апшерона в свете новых данных по биостратиграфии опорных разрезов. (статья 2023 года)
6. Создание биохронологической схемы позднего плиоцена - раннего плейстоцена по мелким млекопитающим для Западной Армении и Восточной Турции. Эта задача будет решаться на материалах, полученных из разрезов Ширакской, Пасинларской, Эрзурумской и некоторых других осадочных впадин региона (статья 2023 года)
7. Уточненная возрастная модель ергенинской континентальной толщи на основе палеонтологических и структурно-геологических данных. В основу решения будет положен биостратиграфический анализ фауны Нижнего Водяного (статья 2023 года)

8. Палеонтологическое описание опорных фаун мелких млекопитающих и моллюсков из местонахождений плиоцена-раннего плейстоцена изучаемого региона. (Кабакова Балка; Абинск; фауны Нагавской свиты нижнего Дона и другие (статьи 2022-2024 годов).

9. Комплексный анализ гелазийского биотического события распространения термофильных моллюсков рода *Corbicula* в Северной Евразии (статья 2023 года).

10. Изучение континентальных отложений Предкавказского прогиба. Будут исследованы опорные разрезы предгорной молассы Западно-Кубанского и Терско-Кумского прогибов. Будет усовершенствована возрастная модель отложений с опорой на высокоразрешающую биостратиграфию и магнитостратиграфию и структурную приуроченность (статья 2024 года).

11. Определение временного интервала проявления и количественная оценка относительного вклада каждого из трех факторов горообразования: (1). Возникновение и развитие локальных деформационных поднятий, обусловленных складчатостью и смещением по разломам; (2). Магматизм и вулканическая активность; (3). Общее поднятие крупных тектонических зон и провинций. Будет проведен сравнительный анализ данных о времени начала, скоростях и вероятных причинах орогенеза различных районов Аравийско-Кавказского региона и подготовлена к печати статья с предварительным названием: "Обобщение новейших данных о четвертичных орогенезе Аравийско-Кавказского региона" в журнале из списка WoS (статья 2024 года).

12. Сравнительный анализ внутригорных впадин Армянского нагорья: реконструкция истории формирования межгорных впадин на основании данных по стратиграфии плиоцен-четвертичных отложений и времени их формирования, определенных на основании комплекса методов (палеомагнитный, палеонтологический, радиоизотопное датирование); выявление структурной приуроченности впадин к крупным региональным разломным зонам (приразломные впадины) и областям повышенной вулканической активности (вулканотектонические впадины), анализ структурной приуроченности и геохимических особенностей плиоцен-четвертичного вулканизма Армянского нагорья (статья 2024 года).

13. Обобщение данных о неотектонической, гидрологической, био-климатической и палеоантропологической истории Аравийско-Кавказского региона в плиоцене и раннем плейстоцене (статья 2024 года).

## 5.2. Содержание фактически проделанной работы, полученные результаты (за все годы)

Выполнение проекта «Плиоцен-раннеплейстоценовая перестройка структурного плана Аравийско-Кавказского региона (АКР) и её влияние на палеогеографические обстановки, динамику биоты и среду расселения древнего человека» потребовало интеграции данных по стратиграфии, палеонтологии и неотектонике по материалам опорных разрезов позднего кайнозоя четырех модельных регионов: Северного Кавказа, Закавказья и Восточной Турции (см. карту, Приложение 0). Были обобщены данные о неотектонической, гидрологической, био-климатической и палеоландшафтной истории АКР в плиоцене и раннем плейстоцене. Проведено сравнение распространения морских отложений и их континентальных аналогов в пределах изучаемого региона для оценки времени начала, амплитуд и скоростей новейших поднятий. Проведен сравнительный анализ геологической истории внутригорных впадин Армянского нагорья и Восточной Анатолии (Шалаева и др., 2023; Трифонов и др., 2024), а также впадин в составе Предкавказского и Нижнекуринского прогибов (Трихунков и др., 2024а; Ломов и др., 2025 (в

печати)).

В 2022-2024 гг. в этих регионах были проведены масштабные полевые исследования. Были отобраны палеонтологические образцы (109 палинологических образцов, более 120 малакологических проб, более 50 проб на остракодологический анализ, промыто около 900 кг породы для извлечения остатков мелких позвоночных и раковин моллюсков), отобраны ориентированные образцы для палеомагнитного анализа (939 шт.), взяты пробы для радиоизотопных (более 50) и литолого-петрографических анализов (около 40). В камеральный период образцы были обработаны: сепарационным методом с применением кислот, щелочей и тяжелых жидкостей для извлечения ископаемой пыльцы и спор для палинологического анализа; выполнена механическая дезинтеграция и химическая обработка образцов с двууглекислым натрием для концентрации микрофоссилий (остракоды, фораминиферы, 64 обр.); отсортировано 29 проб костеносного концентрата с извлечением костей мелких позвоночных. Часть навески образцов сохранена для применения перспективных методов исследования (в том числе аминокислотного датирования, которое было приостановлено в связи с блокадой сотрудничества по этому направлению западными контрагентами).

Обобщены данные о распространении морских акчагыльских отложений и изучены опорные разрезы межгорных впадин Предкавказья и Восточной Турции (Trifonov et al., 2023; Трифонов и др., 2024). Проведены лито-фациальный и стратиграфический анализы отложений впадин, их палеомагнитное и палеонтологическое опробование. Описаны терио- и малакофауны плио-плейстоцена Восточной Турции, Северного Кавказа и других районов АКР. Исследованы континентальные аналоги акчагыльских морских отложений на Северном Кавказе. Проанализировано более 80 разрезов солоноватоводных отложений пьаченция и гелазия, принадлежащих акчагыльской трансгрессии Каспийского региона (Хорасанская и Ширакская внутригорные впадины Восточной Турции, каспийское побережье Азербайджана и Ирана, северо-восточный склон Восточного Кавказа, восточный склон Ставропольского поднятия, Таманский п-ов).

В Восточной Турции детально исследована стратиграфия осадочного заполнения Эрзурумской и Хорасанской впадин. В Эрзурумской впадине изучен разрез плиоценовой аллювиальной дельты гильбертова типа в районе деревни Пашаурду и дана его биостратиграфическая характеристика – моллюски, палинология, мелкие млекопитающие, остракоды (Челик и др., 2023; Николаева и др., 2024а,б; Якимова, Тесаков, 2024). Исследована тектоническая структура и осадочный разрез Хорасанско-Пасинлерской межгорной впадины, расположенной между Понтийскими горами на севере и хребтом Карасу-Арас на юге. Здесь изучен опорный разрез Пекеджик, приуроченный к моноклинали южного борта впадины, вовлеченного в поднятие хребта Карасу-Арас. Разрез представлен чередованием тонкообломочных песчано-глинистых солоноватоводных и пресноводных бассейновых отложений и песчано-галечного аллювия общей мощностью более 200 м. В слоях лигнитов в нескольких коррелированных обнажениях нижней части разреза найден горизонт с цистами динофитовых водорослей *Caspidinium* и *Operculodinium*, эндемичными для каспийского (акчагыльского) морского бассейна. находка горизонта морской ингрессии подтверждает полученные ранее данные о распространении акчагыльской трансгрессии в Ширакскую и Хорасанскую впадины, крайне важные для неотектонических и палеогеографических реконструкций (Trifonov et al., 2023). Осадочная последовательность, обнажающаяся в районе д. Пекеджик (хорасанская свита по Irrlitz, 1972) охарактеризована нами

находками фауны мелких млекопитающих, моллюсков и остракод, а также палино- и карпофлорой. Эти данные позволяют датировать ее в интервале от конца позднего плиоцена (пьяченция) до второй половины раннего плейстоцена (калабрия) – уровни Пекеджик А – В – С (Tesakov et al., 2024). Подробно изучена также верхняя часть осадочной последовательности, обнажающейся в районе д. Пекеджик. Было установлено, что в этом районе отложения раннего калабрия плащом перекрываются более молодыми озерными отложениями. По фауне моллюсков эти осадки предварительно сопоставляются с отложениями анийской свиты (поздний калабрий), которая широко распространена в более восточных районах Турции и на северо-западе Армении. Подстилающие плио-плейстоценовые толщи датируются миоценом и представлены морскими органогенными известняками раннего миоцена и сильно дислоцированными вулканогенно-терригенными осадками. В Хынысской впадине в долине р. Баскойчай исследована мощная (более 100 м) вулканогенно-осадочная последовательность среднего миоцена – квартера, представленная формациями Хыныс, Хамурпет и Йоллусту. Они характеризуются чередованием озерных песчано-глинистых отложений с прослоями пеплов и туфов, а кроме этого, содержат мощную игнимбрито-базальтовую толщу. Следы волновой ряби, а также остатки морских брюхоногих моллюсков в одном из тонких прослоев карбонатных песчаников и единичные динофлагелляты в палинологических пробах позволили установить влияние близлежащего морского бассейна среднего миоцена при формировании озерно-лагунных отложений формации Хыныс. Во впадине Агры исследованы разрезы 50 метрового террасовидного уровня непосредственно к западу от г. Агры, сложенные вулканогенно-осадочными отложениями. Микротириофауна гелазийского возраста позволяет коррелировать эти отложения с верхними уровнями последовательности Пекеджик (С). Синтез биостратиграфических данных по Восточной Турции и примыкающим районам Закавказья позволил создать региональную биохронологическую схему позднего плиоцена - раннего плейстоцена (Tesakov et al., 2024).

Катастрофическое Пазарджикское ( $M_w=7.8$ ) и последовавшее за ним Эльбистанское ( $M_w=7.6$ ) землетрясение (6 февраля 2023) продиктовало оперативное изменение исследовательской программы по проекту в сторону усиления сейсмо-тектонических исследований в Малой Азии по «горячим следам» крупнейших за многие десятилетия сейсмических событий, которые проявили на местности структуру новейших разрывных нарушений. Полевые исследования зимы - лета 2023 года позволили участникам проекта во взаимодействии с турецкими коллегами из Евфратского университета (г. Элязиг) собрать ценнейший фактический материал путем непосредственных наземных наблюдений по разломным смещениям различных линейных ландшафтных маркеров - гребней и отрогов хребтов, долин и русел рек, оврагов, границ растительности, а также дорог, плотин водохранилищ, оград и проч., дополненных аэрофотосъемкой с использованием беспилотного летательного аппарата. Были сделаны важные заключения о кинематике и геометрии разрывных нарушений, реологических свойствах слагающих сейсмогенную зону пород, а также сеймотектонических особенностях случившихся землетрясений и т.д. (Челик и др., 2023b; Трихунков и др., 2024b). Полученные уникальные данные существенно расширили представления о неотектонической эволюции региона.

Изучена новейшая тектоника зон сочленения сегментов Большого Кавказа и структур Предкавказского прогиба, а также орогена Малого Кавказа со структурами Южно-Каспийской впадины. Проведен геолого-геоморфологический анализ крупнейшей поперечной структуры Большого Кавказа - Пшехско-Адлерской

зоны разломов, разделяющей его низко- и высокогорные сегменты. Тектоно-стратиграфические исследования в этом регионе направлены на фиксацию проявлений новейшего горообразования и реконструкцию истории развития палеоландшафтов в пределах соседних сегментов Большого Кавказа. В пределах разделяющей сегменты поперечной Пшехско-Адлерской зоны разломов актуально выявление новейших подвижек, с которыми связана деформация древней речной сети (см. Прил. 3).

Исследованы детали геолого-тектонического строения Талышского орогена и обрамляющих его прогибов и впадин. Изучено структурное положение и параметры активных разломов региона, разделяющих блоки с различным режимом новейшего осадконакопления. Проведены химико-аналитические и петрографические исследования приразломных магматических образований и их последующих катакластических преобразований. Составлены карты активных разломов Астара-Талышской зоны, отделяющей горное сооружение Талыша от Нижнекуринской и Южно-Каспийской впадин (см. Прил. 5а). В опущенном крыле зоны исследован разрез неоген-четвертичных коррелятных отложений, включающий новое местонахождение эндемичной акчагыльской морской малакофауны.

В пределах Адыгейского выступа – узлового блока на стыке Западно- и Восточно-Кубанского прогибов информативны верхние молассы, коррелятные основным этапам новейшего развития горного сооружения и отражающие изменения климата и ландшафтов. В частности, в нижнем течении р. Белой – важнейшей транзитной долине Адыгейского выступа – с применением альпинистского оборудования изучен стратиграфический профиль белореченской свиты (Трихунков и др., 2024а). Изучались структурные и вещественные характеристики разрезов, проводилось опробование. Отложения белореченской свиты с угловым несогласием перекрывают осадки гавердовской свиты позднего миоцена и демонстрируют падение близкое с углом падения р. Белой. Во всех исследованных нами разрезах (Шпиль, Веселый, Кругозор, Приречный, Пшехский I и II, Белореченский, Белореченской ГЭС – I и II), были выделены три главных члена, повсеместно залегающие друг на друге с эрозионными несогласиями и отличающиеся литологически: ниже-, средне- и верхнебелореченская подсвиты. Установлено, что подсвиты отвечают трём основным этапам накопления грубых моласс в регионе в плиоцен-квартере. Проведено био-магнитостратиграфическое датирование отложений белореченской свиты. Литолого-седиментологические признаки нижнебелореченской подсвиты свидетельствует о ее формировании в крупном бассейне с аридным типом седиментогенеза, куда открывались устья кавказских палеодолин. В разрезе у Белореченска эти отложения впервые охарактеризованы богатой фауной позвоночных раннего виллафранка и виллания, зоны MN16a европейской биохронологической шкалы, которая, в совокупности с палеомагнитными данными, позволяет датировать отложения подсвиты в интервале конца раннего – позднего плиоцена (3,6 - 2,8 млн лет), т.е. отнести к самым верхам киммерия – раннему акчагылу (куяльнику). В озёрно-аллювиальных и имеющих преимущественно обратную намагниченность среднебелореченских отложениях в разрезе ГЭС собрана фаунистическая ассоциация позднего виллания. Эта часть белореченской свиты предварительно датирована серединой раннего плейстоцена (переход от гелазия к калабрию, поздний акчагыл-апшерон). В верхней части всех исследованных разрезов с размывом залегают коричнево-бурая галечно-валунная толща мощностью до 6 – 7 м, названная нами верхнебелореченской подсвитой. Палеонтологических остатков в ней не обнаружено, однако в редких песчаных линзах зафиксирована прямая палеомагнитная полярность, что в сочетании со стратиграфической

позицией толщи позволяет считать её аллювиальным чехлом древнейшей террасы Белой и Пшехи и относить к одной из стадий дегляциации среднего плейстоцена (Трихунков и др., 2024а).

Изучение начального периода накопления орогенных моласс Западного Кавказа (поздний миоцен) включало изучение петрографии терригенных пост-сарматских свит региона (лысогорской, армавирской и гавердовской) и плио-плейстоценовой белореченской свиты (см. Приложение 2 б,в). Эти работы позволили установить поступление продуктов эрозионного разрушения кристаллического ядра Западного Кавказа уже в позднем миоцене (Трихунков и др., 2024а; Ломов и др., 2024; Ломов и др., 2025 в печати). Намеченные в предварительном плане био- и литостратиграфические исследования в нижнедонском и манычском (ергенинском) районах были заменены на работы в Предкавказье в связи с трудной ситуацией в некоторых районах Ростовской области на момент планировавшихся полевых работ. Было проведено обобщение литературных данных по районам развития ергенинской свиты и начата работа над публикацией, отнесенной на период запрашиваемого продления проекта.

Биостратиграфические исследования на Северном Кавказе концентрировались на территории развития морских трансгрессий Восточного Паратетиса в конце миоцена – плиоцена и плейстоцена в серии опорных разрезов куяльника (регионарус черноморской шкалы коррелятивный акчагылу) на Таманском полуострове и в западном Предкавказье – Плевака, Тиздар, Кидалит, Абинск, Крымск (Кабакова-Балка), Белореченск и др. Большинство разрезов впервые охарактеризованы фауной остракод – важнейших индикаторов палеосолености древних бассейнов. В разрезе позднекуяльнических (раннеплейстоценовых) отложений Плевака изучение остракод позволило установить уровень солености бассейна и размах локальных флюктуаций солености и биопродуктивности бассейна (Николаева, Тесакова, 2024; Николаева и др., 2024). Опорный разрез верхнего куяльника Тиздар, содержащий раковинные остатки моллюска *Apscheronia*, служит важнейшей точкой прямой корреляции раннего апшерона и позднего куяльника (Frolov et al., 2024). Фауна крупных пресноводных моллюсков сем. Unionidae раннего куяльника – важнейших биостратиграфических маркеров континентальных отложений плио-плейстоцена южной Европы, впервые найденная в регионе в разрезе Плевака (Фролов и др., 2024), была также обнаружена в предкавказском разрезе Чекон. В разрезе Абинск выявлена точка прямой корреляции морских и континентальных отложений нижнего куяльника, благодаря совместному нахождению биостратиграфически важных морских и пресноводных моллюсков и грызунов зоны MN16a (поздний плиоцен). Дальнейшее изучение биостратиграфии куяльника региона позволит значительно повысить детальность расчленения и корреляционный потенциал этих отложений для всего черноморского юга России.

### 5.3. Основные результаты выполнения проекта

Проведенные исследования группируются в три связанных между собой направления, сумма которых работает на итоговые результаты проекта: 1) Неотектонические исследования новейших и активных разломов Аравийско-Кавказского региона (далее АКР); 2) Тектоно-стратиграфические исследования молодых (P1–Q) морских отложений и их новейших деформаций, а также – верхних моласс предгорных прогибов и впадин, как индикаторов новейших поднятий региона; 3) Биостратиграфические и палеогеографические исследования N-Q отложений региона.

## 1) Неотектонические исследования

В рамках данного направления определены кинематические особенности, амплитуды перемещений и этапы развития новейших и активных разломов АКР, предопределяющих его продольную и поперечную зональность. Данные исследования были существенно актуализированы катастрофическим двойным Восточно-Анатолийским землетрясением 06.02.2023 ( $M_w = 7.8$  и  $7.5$ ). Было принято решение об организации экспедиций по изучению его структурных проявлений в рамках настоящего проекта. Полевые работы с перерывами продлились с марта по август 2023 года, и были продолжены в сентябре 2024 г. Их результаты обобщены в статьях:

Челик и др., 2023

<https://link.springer.com/article/10.1134/S1069351323060058>;

Трихунков и др., 2024

<https://link.springer.com/article/10.1134/S0016852124700250>.

Было установлено: 1) При первом Пазарджикском землетрясении сейсмогенные разрывы возникли вдоль Восточно-Анатолийской зоны разломов на протяжении 361 км с максимальной амплитудой 8.5 м и имели левосдвиговую кинематику с поднятием юго-восточного Аравийского крыла зоны; 2) При втором Эльбистанском землетрясении активизировались смежные сегменты разломов Чардак и Улуова с левосдвиговыми смещениями общей протяженностью 148 км, с максимальной амплитудой 7.84 м и поднятием юго-восточного Таврского крыла (Прил. 1а); 3) Сейсмогенерирующие разломы Восточно-Анатолийской зоны, разломы Чардак и Улуова являются взресо-сдвигами с субвертикальным падением, заложенными на поздних стадиях региональной коллизии и секущими более древние продольные структуры пологого детачмента; 4) Размеры очагов верхнекоровых (10 – 15 км) землетрясений 06.02.2023 г. и амплитуды сейсмогенных смещений вдвое превосходят средние значения для континентальных землетрясений сдвигового типа подобной магнитуды. Данную аномалию мы объясняем: а) Присутствием офиолитовых комплексов Таврской сутуры, облегчающих скольжение горных пород при сейсмических подвижках; б) Подъемом кровли пластичных, с пониженными скоростями Р-волн, пород, разогретых под воздействием Эфиопско-Афарского суперплюма; в) результатом хрупкие сейсмогенные деформации были сконцентрированы только в верхней коре.

В статье Трихунков и др., 2025 (подготовлена для журнала “Геоморфология и палеогеография”), указывается, что Пшехско-Адлерская зона деформаций играет ключевую роль в поперечной сегментации орогена, ограничивая распространение его новейших поднятий, отложений понтического, киммерийского и кюальницкого бассейнов в Предкавказье, проявляется в новейших перестройках речной сети (Прил. 3а). Приводятся данные о внутреннем строении, кинематике и напряженно-деформированном состоянии Пшехско-Адлерской зоны (Прил. 3б) (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункт 4).

В статье: Шалаева и др., 2023

<https://link.springer.com/article/10.1134/S0016852123020073> представлены новые данные о тектоническом строении, стратиграфии плиоцен–четвертичных отложений и истории развития Севанской межгорной впадины Армении (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункт 3). Установлено, что впадина имеет гетерогенный генезис, обусловленный воздействием как региональной разломной, главным образом, сдвиговой тектоники, так и глубинными преобразованиями, выраженными плиоцен–четвертичным вулканизмом. Возникновение впадины в миоцене связано с развитием Севанской миндалевидной структуры, ограниченной правосдвиговой Памбак–Севан–Сюникской зоной разломов на северо-востоке,

Гарнийской и Арпа–Зангезурской зонами на юго-западе. Развитие впадины продолжилось в плиоцен–квартере на фоне подъема Малого Кавказа и Армянского нагорья, а также активного вулканизма Варденисского и Гегамского нагорий. (Прил. 10). Показано, что акчагыльская трансгрессия Каспийского моря на рубеже плиоцена–плейстоцена во впадину не проникала.

## 2) Тектоно-стратиграфические исследования

В рамках данного направления изучен состав, источники и пути сноса неоген–четвертичных моласс Западно- и Восточно-Кубанского, а также Терско-Кумского предгорных прогибов: белореченской, гавердовской, армавирской и лысогорской свит сармата-меотиса.

В статьях: Трихунков и др., 2024a, <https://link.springer.com/article/10.1134/S0869593824700059>; Ломов и др., 2025 (в печати, см раздел 5.5) были обобщены и дополнены данные о возрасте свит и установлено, что орогенные поднятия к концу сармата привели к вскрытию наиболее глубокими долинами рек кристаллического ядра Центрального и Западного Кавказа (Прил. 2б, 2в). Так, в составе полимиктовых галечников лысогорской свиты (бассейн Терека) этап вскрытия ядра отражен увеличением содержания гранитоидов, габброидов и гнейсов из осевой зоны орогена от 2 % до 60 %. При этом направление косых серий и черепичное залегание галек однозначно указывают на снос материала с Центрального Кавказа: на СЗ в бассейне палео-Кубани (то есть вдоль Восточно-Кубанского прогиба); на СВ в бассейне палео-Терека, аналогично современности (Прил. 2а). Это указывает на формирование Транскавказского поднятия, разделившего единый Предкавказский сарматский морской бассейн. При этом Центральный Кавказ испытал существенные (до высокогорных) поднятия, в то время, как Западный Кавказ явно отставал в скорости восходящих движений и, вероятно, представлял собой возвышенную равнину с низкогорными поднятиями в осевой зоне (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункт 10).

На западе Эрзурумской впадины Восточной Анатолии была изучена позднеплиоценовая дельта гильбертова типа и определено ее место в позднекайнозойском развитии впадины (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункт 2). Дельта состоит из 11 клиноформ. Каждая более молодая клиноформа отлагалась перед фронтом предыдущей, обозначая разные фазы развития дельты. Отложения дельты датированы поздним плиоценом на основе найденных остатков мелких млекопитающих, моллюсков, результатов палинологического и магнитостратиграфического анализа как позднеплиоценовые (пьяченций) в интервале между 2.6 и ~3.0 млн лет. Эрзурумская впадина является самым западным образованием в ряду межгорных впадин и продолжается на восток впадинами Пасинлерской, Хорасанской и Араратской, которые дренируются рекой Аракс и ее притоками. Вероятно, в позднем плиоцене долина Палео-Аракса распространялась дальше на запад, и описываемая дельта возникла в том месте, где истоки Палео-Аракса впадали в бассейн Эрзурумской впадины (Челик и др., 2023a <https://journals.rcsi.science/0869-592X/article/view/229428>).

Одним из основных итогов проекта, обобщающих неотектонические, палеогеографические и биотические данные о развитии АКР в плио-плейстоцене, стала статья: Trifonov et al., 2023 в журнале *Quaternary International*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1040618223000964?via%3Dihub> (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункты 1, 5).

В работе обсуждаются геологические и биотические аспекты обширной акчагыльской трансгрессии, которая произошла в Прикаспийском регионе Евразии

на рубеже плио-плейстоцена, в пьенции – гелазии. Показано, что начало акчагыльского морского осадконакопления в Западном Туркменистане (около 3,2 млн лет назад) предшествовало его началу в бассейне Куры (около 3,0 млн лет назад). Положение верхней границы акчагыльского яруса остается неопределенным (около 2,1 или 1,8 млн лет назад). Проанализированный биотический состав акчагыльского моря-озера включает моллюсков, микрофоссилии (пыльцу, диноцист, фораминиферы) и млекопитающих. Отмечается, что специфические формы водной биоты акчагыла сосуществуют с микрофоссилиями, которые явно указывают на связь с мировым океаном. Палинология акчагыльского периода свидетельствует о направленном похолодании в плиоцене и раннем плейстоцене, сопровождавшимся несколькими теплыми и влажными эпохами.

Акчагыльской трансгрессии в позднем миоцене и раннем плиоцене предшествовало изменение структурно-осадочного строения региона и смена ранее существовавшей продольной тектонической зональности четко выраженной поперечной. Последнее проявилось в тектоническом поднятии Большого Кавказа, его северных предгорий и Малого Кавказа, а также в опускании западных частей Южно- и Среднекаспийской впадин. Взаимодействие продольных и поперечных тектонических особенностей сформировало конфигурацию Акчагыльского бассейна с солончатой водой и определило мощность его отложений.

Величина и темпы четвертичного тектонического поднятия и деформаций акчагыльских отложений достигли 1980 м на Северном склоне, около 2500 м в осевой зоне Большого Кавказа и до 1750 м на западе Малого Кавказа (Прил. 9). Максимальный уровень Акчагыльской трансгрессии оценивается на 40-50 м выше современного уровня Мирового океана. Мы показываем низкую вероятность соединения Акчагыльского бассейна со Средиземным морем или Персидским заливом и высокую вероятность его соединения с Северным Ледовитым океаном через северные притоки реки Кама и бассейн Печоры на северо-востоке Восточно-Европейской равнины.

### 3) Биостратиграфические и палеогеографические исследования

Основные биостратиграфические исследования проводились в двух регионах - Восточной Турции и Западном Предкавказье. В Восточной Турции упор был сделан на изучение осадочной последовательности местонахождения Пекеджик (Хорасанская впадина). Сводный разрез аллювиально-озерных отложений мощностью несколько сотен метров на основании палеонтологических и палеомагнитных данных коррелируется с интервалом времени, включающим терминальный поздний плиоцен (пьенций), гелазий, и начало второй половины раннего плейстоцена (калабрия), чему соответствуют фаунистические уровни Пекеджик А-В-С. На основании полученных пыльцевых спектров выделено 8 палинозон, характеризующих эволюцию растительного покрова и водного бассейна в позднеплиоцен-раннеплейстоценовое время. Прослежен общий тренд от преимущественно хвойных лесов плиоцена к лесостепной растительности раннего плейстоцена. Комплекс диноцист указывает на то, что озерные бассейны испытывали влияние солончатых вод акчагыльской трансгрессии. Наиболее молодые части разреза по материалам 2023 г. характеризуются палинофлорами прохладного климата и полностью пресноводными обстановками. Здесь начинают преобладать смешанные хвойно-мелколиственные леса в сочетании с лугово-степной растительностью. Богатая и разнообразная фауна преимущественно пресноводных моллюсков указывает на смену озерных условий озерно-аллювиальными (Trifonov et al., 2023; Трифонов и др., 2024). Синтез данных по микротириофаунам региона позволил создать биостратиграфическую схему континентального плиоцена-раннего плейстоцена

Восточной Турции и сопредельных регионов с выделением более 10 фаунистических уровней, коррелированных с региональными и континентальными биохронологическими схемами (Tesakov et al., 2024 <https://www.mdpi.com/2571-550X/7/4/42>) (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункт 6).

В нижней части местонахождения Пекеджик (предположительно гелазского возраста) впервые для Восточной Турции были обнаружены двустворчатые моллюски рода *Corbicula*, являющиеся четкими показателями теплых климатических условий. В четвертичном периоде Северной Евразии появление рода *Corbicula* происходило несколько раз в результате миграций с юга. Первое отмечается в раннем плейстоцене - позднем гелазии. В Западной Европе находки *Corbicula* известны в местонахождении Norwich Crag в Восточной Англии и в скважине Zuurland-2 (90-95 м.) (Нидерланды), относящихся к региону MNR 2 (~2.44-2.26 Млн. л.). Чуть более молодые находки *C. fluminalis* отмечаются в местонахождениях Sidstrand и East Runton (Великобритания) и в скважине Zuurland-2 (63-67 м.) относящихся к региону MNR 1 (~2.26-2.1 Ма). В Германии известна находка в скважине (182,5 м) около г. Фирнхайм, коррелирующая с поздним вилланием – ранним бихарием. На территории России находки рода известны из отложений второй половины гелазия (зона MN 17) местонахождений Ливенцовка и Псекупс (Западное Предкавказье) (Тесаков, 2004). На южном Урале из верхнеакчагыльских отложений Лагерного оврага (слой 10), относящегося к разрезам Домашкинских Вершин (Яхимович и др., 2000). На юге Западной Сибири в муккурских фаунах (Исаковка-4, Новоселовка и др.) в узком стратиграфическом диапазоне конца гелазия, на уровне около 2,1 млн лет (Зыкин, 2012; Тесаков и др., 2016). На Предалтайской равнине (троицкая пачка) и в Барнаульском Приобье (барнаульская пачка) *Corbicula* были обнаружены в отложениях кочковского горизонта, возраст которых также оценивается как верхи гелазия (Зыкин, 2012). В Прибайкалье *Corbicula* распространилась до верховьев р. Лена, местонахождение Малые Голы (конец зоны MN17). Эти находки позволяют проследить теплый климатический этап конца гелазия – начала калабрия в средних широтах от Западной Евразии до Прибайкалья и являются хорошим стратиграфическим и климатическим репером (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункт 9).

Очень узкие и высокие раковины семейства *Lymnaeidae* из позднеплиоценовых (~3.6-4.2 млн.) отложений Западной Турции, напоминающие североамериканских *Asella* привели к ревизии этого рода моллюсков. На сегодняшний день к нему относятся 7 видов. Один современный из Северной Америки, обитающий на границе Канады и США – *A. haldemani* (Binney, 1867), а также 6 ископаемых из Евразии. Изучение морфологии ископаемых форм показало, что по характеру навивания раковинами заметно схожими с современным видом, является *A. gracillima* из олигоценовых отложений Словении и наша, неописанная форма из плиоцена Западной Турции. Хотя и была возможность межконтинентальных миграций для этих фаун (межконтинентальные мосты де Гир, Туле и Берингийский), всё же наиболее вероятным объяснением сходства евразийских форм с американскими будет проявления эффектов конвергентной морфологической эволюции в этой группе моллюсков, а *Asella*-подобные формы из неогена Евразии следует выделить в отдельный род или же в подрод рода *Lymnaea* (Прил. 7).

По Западному Предкавказью дан краткий обзор фаунистически охарактеризованных верхнеплиоценовых континентальных отложений: киммерийского местонахождения Кабакова Балка (около 3.6 млн лет) близ пос. Саук-Дере. Куяльницких отложений, вскрывающихся на участке Суворов-Черкесский – Крымск – Абинск, а также приведены данные по фауне нового местонахождения этого возраста с

Таманского полуострова - Плеваке. Приведена характеристика комплексов моллюсков, рыб, амфибий и рептилий, мелких млекопитающих, а также данных по палинологии (Фролов и др., 2024

<https://www.libnauka.ru/item.php?doi=10.7868/S0032874X24020014>) (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты, пункт 8).

Находки двустворчатых моллюсков *Apscheronia propinqua* (типичных для апшеронского региона) в местонахождении Тиздар/Кермек на севере Таманского полуострова подняли вопрос о до сих пор неясном происхождении этого рода. Местонахождение Тиздар хорошо датируется находками мелких млекопитающих *Allophaiomys deucalion* и *Lagurodon arankaе* и сопоставляется с региональной биозоной MQR10-11 (т.е. границей акчагыл/апшерон). В сочетании с прямонамагниченным интервалом в верхах разреза на фоне преобладающей обратной намагниченности пород (эпизод Олдувэй), костеносные горизонты с *Apscheronia* коррелируется с терминальным гелазием в интервале 1.9–1.8 млн лет, что предполагает более раннее появление этого рода в Азово-Черноморском регионе по сравнению с Каспием. Однако нет прямых доказательств проникновения черноморских видов в каспийскую область, и, вероятно, апшеронский бассейн, как и акчагылский имел односторонний сток по долине Маныча. В ОСШ граница Акчагыла/Апшерона проходит в верхней части эпизода Олдувай (1,8 млн л), однако в работах последних лет эта граница приурочена к эпизоду Режуньон (2,1 млн л) (Krijgsman et al., 2019; Lazarev et al., 2019; 2021). И если придерживаться такой трактовки, то можно считать появление *A. propinqua* в черноморском и каспийском районах практически одновременным под эпизодом Олдувэй (Frolov et al., 2024) (Прил. 8). Канал сообщения акчагылского и куяльницкого бассейнов в Предкавказье по сей день остается дискуссионным. Одним из главных итогов работы по проекту, включающим в себя и обобщающим результаты трех вышеописанных направлений исследований АКР и решающим задачи 11, 12 и 13 (см. раздел 5.1. Ожидаемые результаты), стала статья: Трифионов и др., 2024 <https://link.springer.com/article/10.1134/S0016852124700262>, где представлены результаты сравнительного анализа строения и истории N-Q развития 18-ти внутригорных впадин Северной Армении и Восточной Турции, изученных участниками проекта в 2012 – 2023 гг. (Прил. 4а). Приведены палеонтологические, магнито-стратиграфические и радиоизотопные данные по стратиграфии впадин и выделены четыре стадии их развития, выраженные характером осадконакопления: морское осадконакопление (i); озерное накопление тонкообломочного материала, сносимого с невысоких поднятий (ii); озерно-аллювиальное осадконакопление со значительной долей грубообломочного материала, сносимого с соседних поднятий (iii); вовлечение впадин в общее поднятие региона, выраженное их эрозионным расчленением (iv). Выявлено последовательное омоложение (i)–(iii) стадий развития впадин в северном направлении, связанное с ростом и расширением к северу поднятия Таврского хребта в процессе его надвигания на Аравийскую плиту. Тектонические события раннего плиоцена в Среднем и Южном Каспии привели к возрастанию контраста вертикальных движений между Кавказским и Каспийским регионами. Это выразилось несогласием и появлением грубообломочных пород, а в конце позднего плиоцена – проникновением в некоторые впадины вод акчагылской трансгрессии.

## Заключение

Кайнозойские коллизионные деформации Аравийско-Кавказского региона в миоцене привели к формированию деформационных орогенных поднятий. Анализ коррелятных молассовых отложений предгорных прогибов и межгорных впадин региона

свидетельствует о том, что данные поднятия были преимущественно низко-среднегорными, и лишь местами в зоне Транскавказского поднятия (осевой хребет Восточной Анатолии, Центральный Кавказ) достигли высокогорных значений в позднем миоцене. Длительная эрозионная компенсация восходящих движений орогенов в сармате привела к вскрытию кристаллических ядер хребтов Восточной Анатолии, а также Центрального и Западного Кавказа и заложению главной поперечной структуры региона – Транскавказского поднятия по линии: Армянское нагорье – Дзирульский выступ – Центральный Кавказ – Минераловодский выступ – Ставропольское плато. В позднем миоцене и раннем плиоцене ранее преобладавшая продольная тектоническая зональность кавказско-каспийского сегмента Паратетиса постепенно сменилась четко выраженной поперечной тектонической зональностью. Последнее проявилось в тектоническом поднятии Большого Кавказа, его северных предгорий и Малого Кавказа, а также в опускании западных частей Южно- и Среднекаспийской впадин. Взаимодействие продольных и поперечных тектонических структур сформировало конфигурацию Акчагыльского бассейна с солоноватой водой и определило мощность его отложений, в структуре толщи которых также присутствует поперечная зональность.

Возрастающая роль поперечной зональности в постакчагыльское время проявляется в величине и темпах четвертичного тектонического поднятия. Параметры поднятий были рассчитаны на основе текущих высот верхней части акчагыльских морских отложений в разных частях бассейна. Наибольшие их величины отмечены на Восточном Кавказе (до 1980 м на Северном склоне и около 2500 м в осевой части) и на западе Малого Кавказа в восточной Турции (до 1750 м) (Trikhunkov et al., 2021; Simakova et al., 2021; Trifonov et al., 2023). На активизацию некомпенсированных поднятий в регионе в четвертичное время указывает и резкое огрубление моласс (Трихунков и др., 2024а; Трифонов и др., 2024; Ломов и др., 2025 (в печати)). При этом поднятые до высокогорных высот акчагыльские отложения на Большом Кавказе и в Закавказье не претерпели складчато-надвиговых деформаций, что указывает на отсутствие прямой связи четвертичных поднятий региона с активными и по сей день коллизионными деформациями. Разломы, заложенные в плио-плейстоцене на фоне позднеколлизионных некомпенсированных поднятий, являются преимущественно субвертикальными сдвигами со взбросовой или сбросовой компонентами. Они несогласно и, чаще, диагонально пересекают более древние продольные структуры пологого детачмента. К ним относятся изученные нами в рамках данного проекта активные разломы: Восточно-Анатолийской, Чардак-Улуовской, Сарыкамышской зон; Астара-Талышской зоны (отделяют Талышский синтаксис от Южно-Каспийской впадины); Памбак–Севан–Сюникской, а также, Гарнийской и Арпа–Зангезурской зон; Пшехско-Адлерской и Самурской зон (ограничивают высокогорья Большого Кавказа с запада и востока) и многие другие.

Орогенные поднятия плиоцена-квартера могли послужить одним из главных факторов изменения климата и ландшафтов региона, осложнив адвекцию тропических воздушных масс, а также расселение тропической флоры и фауны из Закавказья. О направленном похолодании плиоцена – раннего плейстоцена свидетельствуют полученные нами палинологические, а также фаунистические данные. Орогенические процессы способствовали образованию кавказского сухопутного коридора миграций животных палеотропического царства, а главное – ранних гоминид (Ozherelyev et al., 2019; Trifonov et al., 2019) из Африканской прародины в Евразию. При этом анализ массива данных по палеолиту Большого Кавказа и Закавказья показывает, что регион был проницаем для

миграций ранних гоминид и мегафауны вплоть до ашельской эпохи (1,76 млн – 150 тыс. л.), что подтверждает выводы об отсутствии высокогорного рельефа вплоть до среднего плейстоцена. На отсутствие расчлененного горного рельефа указывают и многочисленные находки фауны крупных теплолюбивых млекопитающих саваннового типа – слонов, носорогов (Ranjan et al., 2023; Трихунков и др., 2024а) как в Закавказье, так и в Предкавказье. Их миграции в условиях расчлененного рельефа высокогорий исключены. Полученные данные по древним биотам АКР демонстрируют его высокий потенциал для биостратиграфии континентальных и морских отложений Северной Евразии.

Таким образом, результаты выполнения проекта не только ввели в научный оборот большой корпус интегрированных данных по нео- и сейсмотектонике, палеогеографии, тектоно- и биостратиграфии, и палеонтологии АКР, но и создали обширный задел для дальнейшего прогресса современных исследований геологии позднего кайнозоя.

#### 5.4. Описание выполненных работ и полученных научных результатов

на русском языке

Выполнение проекта «Плиоцен-раннеплейстоценовая перестройка структурного плана Аравийско-Кавказского региона (АКР) и её влияние на палеогеографические обстановки, динамику биоты и среду расселения древнего человека» потребовало интеграции данных по неотектонике, а также стратиграфии опорных разрезов позднего кайнозоя трех модельных регионов: Северного Кавказа, Закавказья и Восточной Турции. Исследования группируются в три связанных направления, сумма которых работает на итоговые результаты проекта: 1) Исследования новейших и активных разломов АКР; 2) Тектоно-стратиграфические исследования верхних моласс, а также морских N2–Q отложений и их новейших деформаций; 3) Биостратиграфические и палеогеографические исследования N-Q отложений региона.

Коллизионные деформации АКР в миоцене привели к формированию деформационных орогенных поднятий. Анализ молассовых отложений региона свидетельствует о том, что данные поднятия были низко-среднегорными (Трихунков и др., 2024а), и лишь местами в зоне Транскавказского поднятия (осевой хребет Восточной Анатолии, Центральный Кавказ) достигли высокогорных значений. Длительная эрозионная компенсация восходящих движений в сармате привела к вскрытию кристаллических ядер хребтов Восточной Анатолии, а также Центрального и Западного Кавказа (Ломов и др., 2025 (в печати)). На рубеже миоцена - плиоцена ранее преобладавшая продольная тектоническая зональность АКР постепенно сменилась поперечной. Окончательно оформилось Транскавказское поднятие, разделившее Предкавказский прогиб, Рионскую и Куринскую, а также ряд Восточно-Анатолийских впадин (Трифонов и др., 2024). Воздымание Западного, Центрального и Малого Кавказа происходило на фоне опускания Южно- и Среднекаспийской впадин, что определило конфигурацию Акчагыльского бассейна и разную мощность его отложений (Trifonov et al., 2023).

В постакчагыльское время возрастающая роль поперечной зональности проявляется в величине и темпах четвертичных поднятий, рассчитанных на основе современных высот морских отложений верхнего акчагыла в разных частях бассейна.

Наибольшие их величины отмечены на Восточном Кавказе (до 2500 м) и на западе Армянского нагорья (до 1750 м) (Trifonov et al., 2023). На четвертичное ускорение некомпенсированных поднятий указывает и резкое огрубление моласс (Трихунков и др., 2024а; Трифонов и др., 2024; Ломов и др., 2025 (в печати)). Разломы, заложенные в плио-плейстоцене на фоне позднеколлизийных поднятий, являются преимущественно субвертикальными взбросо- или сбросо-сдвигами. Они несогласно рассекают более древние продольные структуры пологого detachmenta (Трихунков и др., 2024b) и ограничивают наиболее поднятые морфоструктуры АКР. К ним относятся изученные нами активные разломы: Восточной Анатолии (Челик и др., 2023b; Трихунков и др., 2024b); Астара-Тальшской зоны; Памбак-Севан-Сюникской зоны (Шалаева и др., 2023); Пшехско-Адлерской (Трихунков и др., 2024а) и Самурской зон и др.

Орогенные поднятия плиоцена-квартера послужили важным фактором изменений климата, ландшафтов и биоты, зафиксированных в разрезах плио-плейстоценовых отложений межгорных впадин региона.

В Эрзурумской впадине изучен разрез позднеплиоценовой дельты гильбертова типа, датированной на основе остатков млекопитающих, моллюсков, результатов палинологического и магнитостратиграфического анализа в интервале ~ 2.6 - 3.0 млн лет. (Челик и др., 2023а; Николаева и др., 2024а,б; Якимова, Тесаков, 2024).

В Хорасанской впадине изучалась уникальная осадочная последовательность местонахождения Пекеджик. Сводный разрез аллювиально-озерных отложений мощностью несколько сотен метров на основании палеонтологических и палеомагнитных данных датирован пьаченцием-калабрием. По палинологическим данным прослежен общий тренд от преимущественно хвойных лесов плиоцена к лесостепной растительности раннего плейстоцена. Выявлены важные биостратиграфические реперы с высоким корреляционным потенциалом. Так, комплекс солоноватоводных диноцист на рубеже плиоцена - квартера указывает на проникновение во впадину вод ачкагыльской трансгрессии (Trifonov et al., 2023). Находка двустворчатых моллюсков рода *Corbicula* в гелазской части разреза является четким индикатором теплого климатического события, прослеживающегося по всей северной Евразии. В пограничных отложениях гелазия и калабрия найдены зубы полевки рода *Allophaiomys*, маркирующие геологически мгновенное событие расселения этих грызунов в Евразии и Северной Америке. Синтез данных по биоте региона позволил создать биостратиграфическую схему континентального плиоцена - раннего плейстоцена Восточной Турции и сопредельных регионов с выделением более 10 уровней, коррелированных с региональными и континентальными биохронологическими схемами (Tesakov et al., 2024).

По Западному Предкавказью дан обзор фаунистически охарактеризованных верхнеплиоценовых континентальных отложений: киммерийских (Кабакова Балка (около 3.6 млн лет)) близ пос. Саук-Дере и куяльницких, вскрытых на участке Суворово-Черкесский – Крымск – Абинск, а также приведены данные по фауне нового местонахождения этого возраста на Тамани - Плеваке. Охарактеризованы комплексы остракод, моллюсков, рыб, амфибий и рептилий, мелких млекопитающих, а также палинофлора (Фролов и др., 2024; Николаева, Тесакова, 2024). В отложениях верхнемолассовой белореченской свиты изучена фауна позвоночных, включающая важные находки древнейших в Европе мамонтоидных слонов *Archidiskodon* cf. *gumanus* (Трихунков и др., 2024а).

Изучение солоноватоводных двустворчатых моллюсков (род *Arscheronia*) разреза нижнего плейстоцена Тиздар/Кермек на Тамани и гипотез их происхождения

позволило подтвердить предполагаемое удревнение границы Акчагыла/Апшерона с уровня ~1.8 млн.л. до ~2.1 млн.л. (Frolov et al., 2024).

Одним из главных итогов работы по проекту стал сравнительный анализ строения и геологической истории N-Q развития 18-ти внутригорных впадин Армении и Восточной Турции (Трифонов и др., 2024). Приведены палеонтологические, палеомагнитные и радиоизотопные данные по стратиграфии впадин и выделены четыре стадии их развития, выраженные характером осадконакопления: 1. морское осадконакопление; 2. озерное накопление тонкообломочного материала, сносимого с невысоких поднятий; 3. озерно-аллювиальное осадконакопление со значительной долей грубообломочного материала, сносимого с соседних поднятий; 4. вовлечение впадин в общее поднятие региона, выраженное их эрозионным расчленением. Стадии 1-3 омолаживаются к северу.

Таким образом, результаты выполнения проекта не только ввели в научный оборот большой корпус интегрированных данных по нео- и сейсмотектонике, палеогеографии, тектоно- и биостратиграфии, и палеонтологии АКР, но и создали обширный задел для дальнейшего прогресса современных исследований геологии позднего кайнозоя.

Опубликовано 10 (16 с учетом кватрилей) статей по тематике проекта.

на английском языке

The realisation of the project "Pliocene-Early Pleistocene restructuring of the structural plan of the Arabian-Caucasian region (ACR) and its impact on paleogeographic settings, biota dynamics and the settlement environment of ancient man" required the integration of data on neotectonics, as well as stratigraphy of the reference sections of the Late Cenozoic of three model regions: the North Caucasus, Transcaucasia and Eastern Turkey. The conducted research is grouped into three interrelated areas, the sum of which works on the final results of the project: 1) Studies of the modern and active faults of the ACR; 2) Tectono-stratigraphy of the upper molasses, as well as marine N2-Q sediments and their latest deformations; 3) Biostratigraphic and paleogeographic studies of N-Q sediments of the region.

Collisional deformations of the ACR in the Miocene led to the formation of deformational orogenic uplifts. The analysis of molasses in the region indicates that these uplifts were low-to-medium-altitude (Trikhunkov et al., 2024a), and only in places in the zone of the Transcaucasian uplift (axial ridge of Eastern Anatolia, Central Caucasus) reached high-altitude values. Prolonged erosive compensation of upward movements in the Sarmatian led to the unroofing of the ridges in Eastern Anatolia, Central and Western Caucasus (Lomov et al., 2025 (in print)). At the Miocene-Pliocene transition, the previously predominant longitudinal tectonic zonation of the ACR gradually changed to a transverse one. The Transcaucasian uplift has finally formed, dividing the Pre-Caucasian trough, the Rioni and Kura depressions, as well as a number of East Anatolian depressions (Trifonov et al., 2024). The uplift of the Western, Central, and Lesser Caucasus occurred parallel to subsiding of the Southern and Middle Caspian basins. It controlled the configuration of the Akchagylian basin and the different thickness of its sediments (Trifonov et al., 2023).

In the post-Akchagylian time, the growing transverse zonality is manifested in the magnitude and rate of Quaternary uplifts inferred from modern elevations of the upper Akchagylian marine sediments in different parts of the basin. The highest values occur in the Eastern Caucasus (up to 2500 m)

and in the west of the Armenian Highlands (up to 1750 m) (Trifonov et al., 2023). The Quaternary acceleration of uncompensated uplift is also indicated by the sharp facies coarsening of molasses (Trikhunkov et al., 2024a; Trifonov et al., 2024; Lomov et al., 2025, in print).

The Plio-Pleistocene faults developed by late collisional uplifts are predominantly subvertical reversed and strike-slip faults. They unconformably dissect the older longitudinal structures of the gentle detachment (Trikhunkov et al., 2024b) and restrict the most uplifted morphostructures of ACR. These include the active faults we have studied: the Eastern Anatolian (Çelik et al., 2023b; Trikhunkov et al., 2024b); Astara-Talysh zone; Pambak-Sevan-Syunik zone (Shalaeva et al., 2023); Pshekha-Adler (Trikhunkov et al., 2024a) and Samur zones; and others.

Pliocene-Quaternary orogenic uplifts were a major driver of climate, landscape, and biotic change, as evidenced in studied sections of Plio-Pleistocene deposits of intermontane depressions in the region.

In the Erzurum depression, a section of the Late Pliocene Gilbert-type delta was studied, dated on the basis of the remains of small mammals, mollusks, and the results of palynological and magnetostratigraphic analysis in the range of ~ 2.6 - 3.0 Ma. (Çelik et al., 2023a; Nikolaeva et al., 2024a, b; Yakimova, Tesakov, 2024).

A unique sedimentary sequence of the Pekecik site was studied in the Khorasan depression. Several hundred meters thick combined section of alluvial-lacustrine sediments is dated to Piacenzian-Calabrian based on paleontological and paleomagnetic data. Palynological data suggest a general trend from predominantly coniferous forests of the Pliocene to forest-steppe vegetation of the Early Pleistocene. Important biostratigraphic markers with high correlation of the Pliocene-Quaternary transition indicate the penetration of waters of the Akchagylian transgression into the depression (Trifonov et al., 2023). The discovery of *Corbicula* bivalves in the Gelasian part of the section is a clear indicator of a warm climatic event traced across northern Eurasia. Teeth of voles of the genus *Allophaiomys* were found in the Gelasian-Calabrian boundary sediments, marking a geologically instantaneous event of dispersal of these rodents in Eurasia and North America. Synthesis of data on the biota of the region made it possible to create a biostratigraphic scheme of the continental Pliocene-Early Pleistocene of Eastern Turkey and adjacent regions with the identification of more than 10 levels correlated with regional and continental biochronological schemes (Tesakov et al., 2024).

An overview of faunally characterized Upper Pliocene continental deposits is given in the western cis-Caucasia: Kimmerian (Kabakova Balka (about 3.6 Ma)) near Sauk-Dere and Kujalnikian, exposed at the Suvorovo-Cherkessky – Krymsk – Abinsk sites, as well as data on the fauna of a new synchronous Plevaka site on Taman Peninsula. Complexes of ostracods, mollusks, fish, amphibians and reptiles, small mammals, as well as palynoflora were characterized (Frolov et al., 2024; Nikolaeva, Tesakova, 2024). The vertebrate fauna of the upper molass Belorechenskaya Fm includes *Archidiskodon* cf. *rumanus*, the important oldest mammothoid elephants in Europe (Trikhunkov et al., 2024a).

The study of brackish-water bivalves (genus *Apscheronia*) from the Lower Pleistocene Tizard/Kermek section in Taman and hypotheses of their origin confirmed the proposed lowering of the Akchagylian/Apscheronian boundary from ~1.8 Ma to ~2.1 Ma (Frolov et al., 2024).

Comparative analysis of the structure and geological history of the N-Q development of 18 intermontane basins in Armenia and Eastern Turkey is among the most important results of the project (Trifonov et al., 2024). Paleontological, paleomagnetic, and radioisotope data on the stratigraphy of depressions made it possible to define four stages of their development with regard to their sedimentation type: 1. marine sedimentation; 2. lacustrine accumulation of fine-grained material eroded from low elevations; 3. lacustrine-fluviatile sedimentation with a significant share of coarse-grained material eroded from neighboring elevations; 4. the inclusion of depressions in the general regional uplift, indicated by their erosional dissection. Northwards, stages 1-3 occur later. Thus, the results of the project not only introduced a large body of integrated data on neo- and seismotectonics, palaeogeography, tectono- and biostratigraphy, and palaeontology of ACR, but also created an extensive foundation for further progress of modern studies of Late Cenozoic geology. 10 (16 according to quartiles) articles on the project topics were published.

#### 5.5. Перечень публикаций по проекту за весь срок выполнения проекта

1

Трифонов В.Г., Тесаков А.С., Симакова А.Н., Гайдаленок О.В., Фролов П.Д., Былинская М.Е., Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Челик Х., Хессами Х. [Geological and biotic context of the Plio-Pleistocene evolution of the Caucasus-Caspian Region \(Akchagylian transgression\)](#) Quaternary International (2023) wos, scopus, rsci, иные, РИНЦ, Q1

---

2

Челик Х., Трифонов В.Г., Тесаков А.С., Соколов С.А., Фролов П.Д., Симакова А.Н., Шалаева Е.А., Беляева Е.В., Якимова А.А., Зеленин Е.А., Латышев А.В., Бачманов Д.М. [Позднеплиоценовая дельта гилбертового типа и раннеплейстоценовая перестройка системы речного стока в Эрзрумской впадине, СВ Турции](#) Стратиграфия. Геологическая корреляция (2023) wos, scopus, rsci, РИНЦ, Q2

---

3

Шалаева Е.А., Трифонов В.Г., Трихунков Я.И., Титов В.В., Авагян А.В., Саакян Л.Х., Симакова А.Н., Фролов П.Д., Соколов С.А., Васильева М.А., Бачманов Д.М., Овакимян Г.М. [Тектоника и плиоцен-четвертичная стратиграфия Севанской впадины \(Армения\)](#) Геотектоника (2023) wos, scopus, rsci, РИНЦ

---

4

Челик Х., Трихунков Я.И., Соколов С.А., Трифонов В.Г., Зеленин Е.А., Каргиноглу Ю., Юшин К.И., Ломов В.С., Бачманов Д.М. [Тектонические аспекты восточно-анатолийского землетрясения 06.02.2023 г. в Турции](#) Физика Земли (2023) wos, scopus, rsci, РИНЦ, Q2

---

5

Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Тесаков А.С., Титов В.В., Ломов В.С., Соколов С.А., Латышев А.В., Симакова А.Н., Сыромятникова Е.В., Челик Х., Щелинский В.Е., Фролов П.Д., Шалаева Е.А., Никольская П.П. [Верхнемолассовая белореченская свита Западного Предкавказья \(верхний плиоцен – нижний плейстоцен\) в контексте новейшей тектоники и палеогеографии региона](#) Стратиграфия. Геологическая корреляция (2024) [wos](#), [scopus](#), [rsci](#), [РИНЦ](#), [Q2](#)

---

6

Тесаков А.С., Фролов П., Симакова А., Якимова А., Титов В., Ранджан П., Челик Н., Трифонов В. [Plio-Pleistocene Small Mammal-Based Biochronology of Eastern Anatolia and Transcaucasus](#) Quaternary (2024) [wos](#), [scopus](#), [иные](#), [РИНЦ](#)

---

7

Трифонов В.Г., Тесаков А.С., Симакова А.Н., Челик Н., Фролов П.Д., Бачманов Д.М., Трихунков Я.И. [Сопоставление новейших внутригорных впадин Северной Армении и Восточной Турции](#) Геотектоника (2024) [wos](#), [scopus](#), [иные](#), [РИНЦ](#), [«Белый список»](#), [Q2](#)

---

8

Трихунков Я.И., Челик Н., Ломов В.С., Трифонов В.Г., Бачманов Д.М., Каргиноглу Ю., Соколов С.Ю. [Геологическая позиция, структурные проявления Эльбистанского землетрясения и тектоническое сравнение двух сильнейших сейсмических событий 06.02.2023 г. в Восточной Турции](#) Геотектоника (2024) [wos](#), [scopus](#), [rsci](#), [иные](#), [РИНЦ](#), [«Белый список»](#), [Q2](#)

---

9

Ломов В.С., Трихунков Я.И., Юшин К.И., Бачманов Д.М., Тесаков А.С., Лыков Н.А. Верхние молассы Предкавказского прогиба как индикатор новейшего горообразования западного Кавказа (на примере бассейна р. Белая) Вестник камчатской региональной ассоциации учебно-научный центр. серия: науки о земле (2025) [wos](#), [scopus](#), [rsci](#), [иные](#), [РИНЦ](#), [«Белый список»](#)

---

10

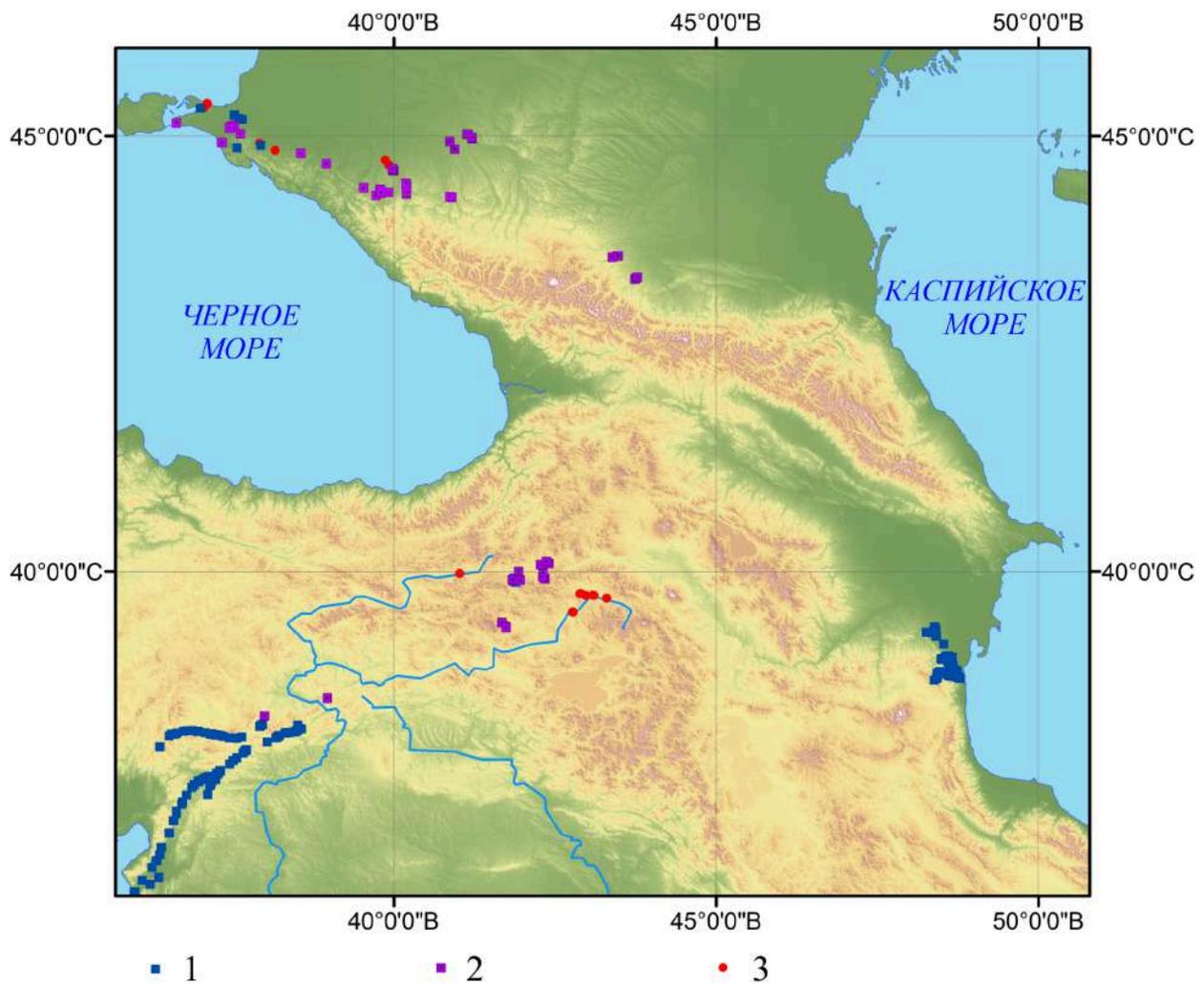
Фролов П.Д., Тесаков А.С., Иванова А.В., Куршаков С.В., Сыромятникова Е.В. [Меж двух морей: поздний плиоцен Тамани](#) Природа (2024) [иные](#), [РИНЦ](#)

Дополнительные материалы к итоговому Отчету по проекту РНФ № 22-17-00249

*“Плиоцен-раннеплейстоценовая перестройка структурного плана Аравийско-Кавказского региона и её влияние на палеогеографические обстановки, динамику биоты и среду расселения древнего человека”*

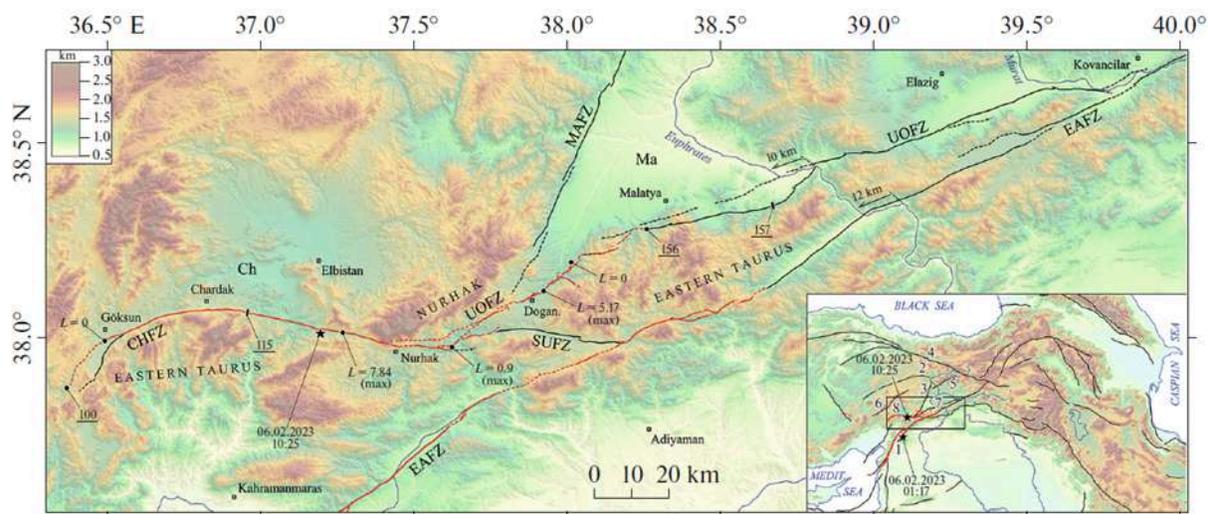
Приложение 0.

Карта расположения основных геологических объектов, изученных в ходе выполнения проекта РНФ № в 2022-2024 гг.



1 - полевые работы 2023 г.; 2 - полевые работы 2024 г.; 3 - полевые работы 2022 года.

## Приложение 1а.



Зоны активных разломов Восточной Анатолии (Trikhunkov et al., 2024).

Красным цветом выделены сегменты разломов, активизированные при землетрясениях 06.02.2023 г., черным цветом показаны разломы и их сегменты, не затронутые этими землетрясениями. Разломы: CHFZ – Чардакский, EAFZ – Восточно-Анатолийская зона, MAFZ – Малатья, SUFZ – Сюргю, UOFZ – Улуова. Звездочками показаны эпицентры Эльбистанского и Пазарджикского (Восточно-Анатолийского, Кахраманмарашского) землетрясений. Точками указаны пункты наблюдений с их номерами или максимальными амплитудами (L) левосдвиговых смещений (м). Впадины: Ch – Чардакская, Ma – Малатья. На врезке цифрами обозначены разломы: 1 – EAFZ, 2 – Делилер, 3 – Малатья, 4 – NAFZ, 5 – Овачик, 6 – Сариз, 7 – Улуова, 8 – Чардак.

## Приложение 16.



Сейсмогенные нарушения в долине р. Эсендере (Трихунков et al., 2024). Фото т.114 – левостороннее взбросо-сдвиговое смещение борта долины и русла реки по Чардакскому разлому с поднятием южного крыла на 0.9 м (фото Х. Челика); фото слева внизу – левостороннее смещение прируслового вала на 5.90 м при азимуте простирания разлома  $85^\circ$ , измерено по тыловому шву вала (фото Я.И. Трихункова); фото слева вверху – зеркало скольжения с левосдвиговой штриховкой на поверхности северного крыла Чардакского разлома в толще катакластически измененных аргиллитов из состава вулканогенно-осадочной офиолитовой ассоциации (фото Я.И. Трихункова); выход сейсморазрыва на борту водохранилища в районе города Yarbashi по разломной зоне трансформы Мертвого моря.

Приложение 1в.

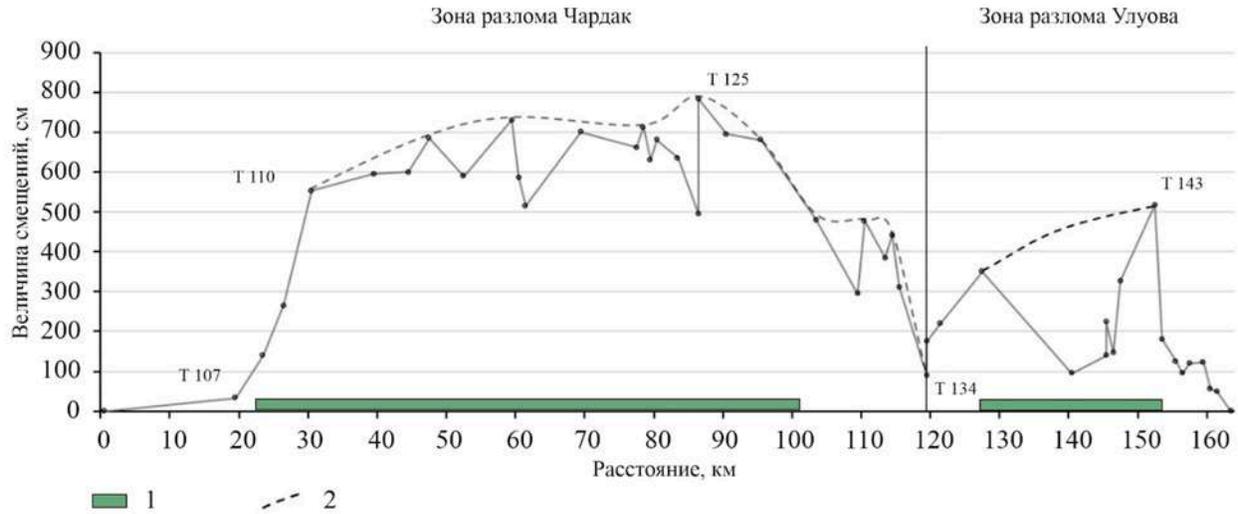
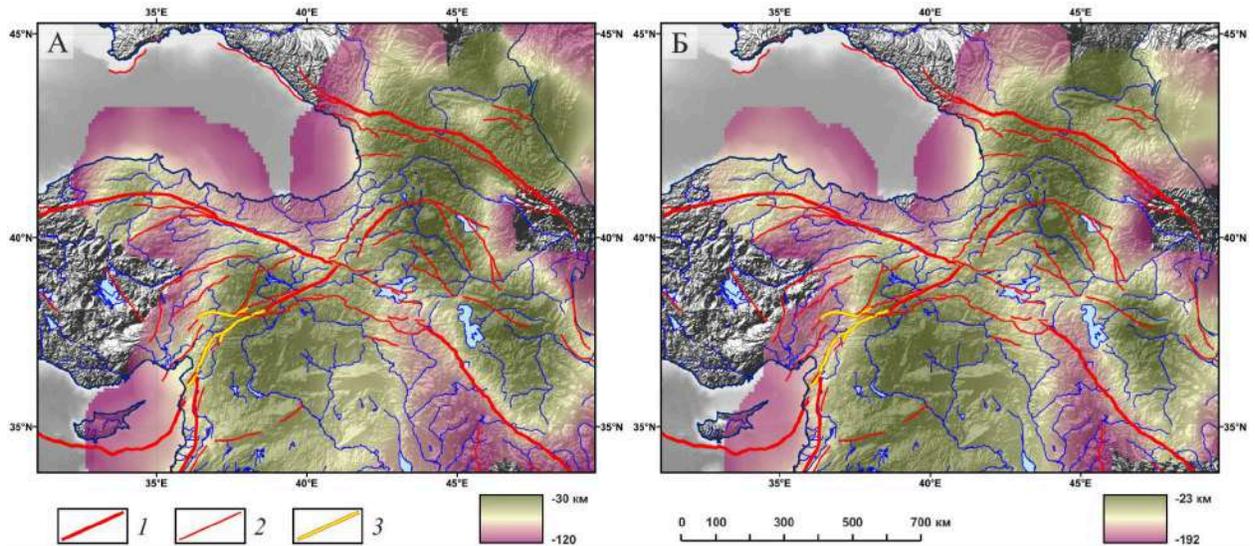


График распределения амплитуд сейсмогенных смещений вдоль разломов Чардак и Улуова (Trikhunkov et al., 2024).

Приложение 1г.

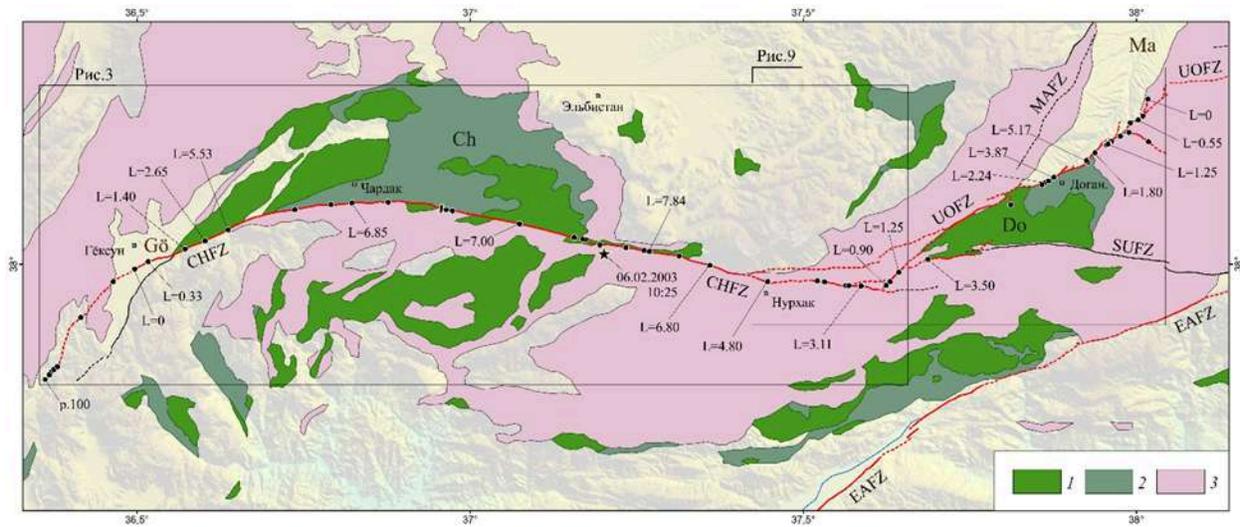


Положение кровли (км ниже уровня моря) объемов нижней части земной коры и верхней мантии с пониженными скоростями Р-волн под Кавказом, Закавказьем, Восточной Турцией, Сирией, Северным Ираком, Северо-Западным Ираном, рассчитанное на основе сейсмотомографической модели UU-P07 (Li et al., 2008): А – по значению  $dV_p = -0.37\%$ ; Б – по значению  $dV_p = -0.60\%$ .

1–2 – активные разломы: 1 – крупнейшие, 2 – крупные; 3 – разломы, активизированные 06.02.2023 г.; цветовой шкалой показаны глубины кровли объемов нижней части земной

коры и верхней мантии с пониженными скоростями  $P$ -волн: слева – при  $dV_p = -0.37\%$ , справа – при  $dV_p = -0.60\%$ .

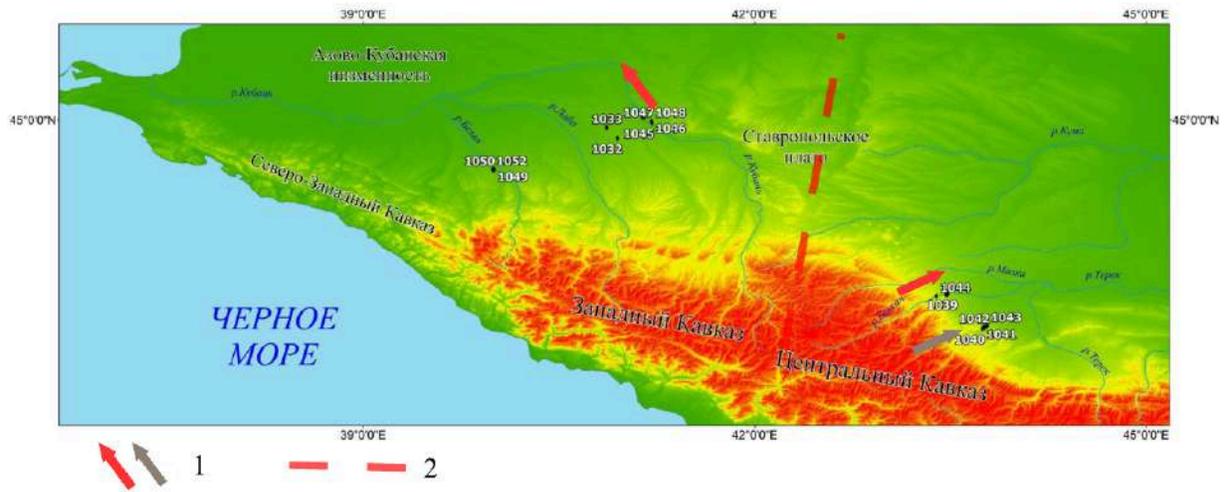
#### Приложение 1д.



Вещественные комплексы района Эльби́станского землетрясения (Trikhunkov et al., 2024).

1 – офиолиты на дневной поверхности; 2 – офиолиты, предполагаемые под чехлом молодых наносов; 3 – метаморфические породы фундамента (формация Малатья).

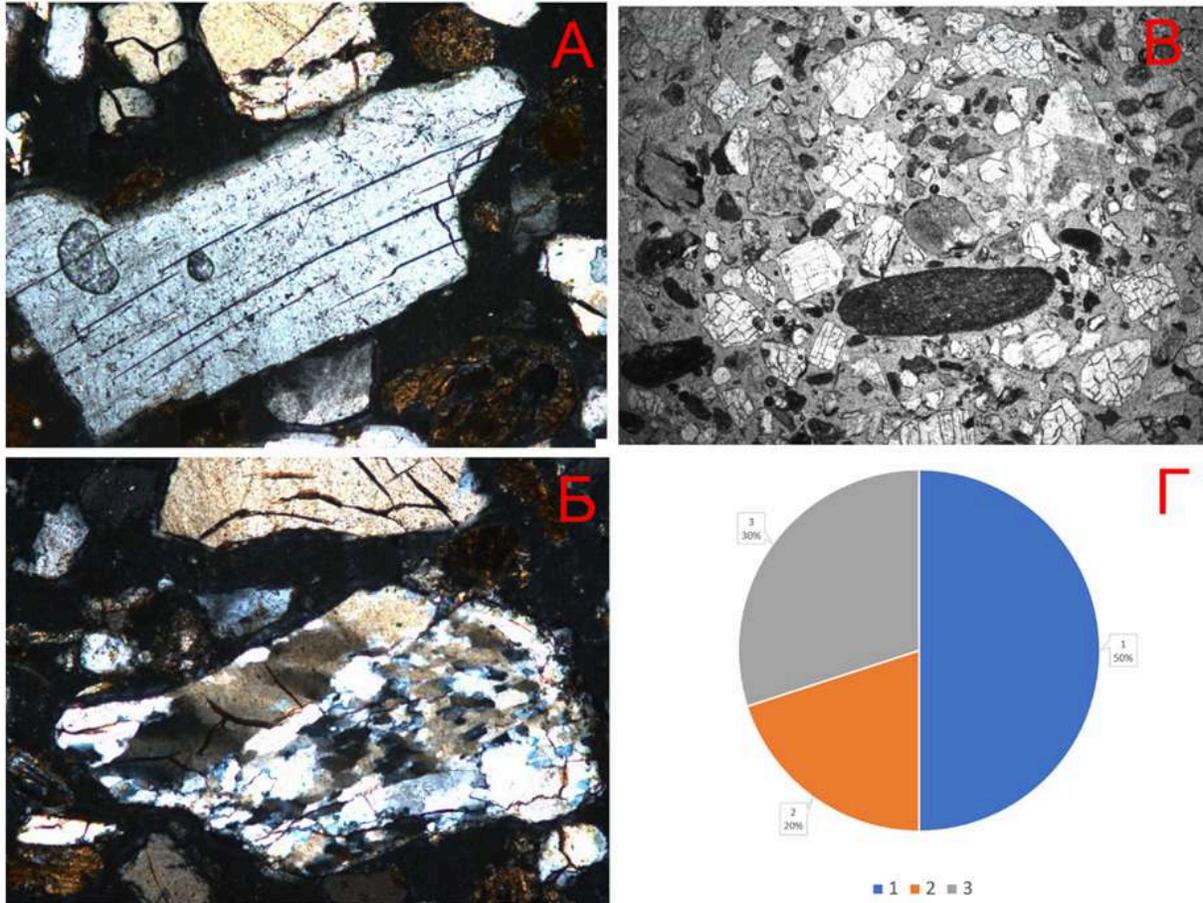
Приложение 2а.



Карта полевых работ в Предкавказье в 2024 году (показаны номера полевых точек).

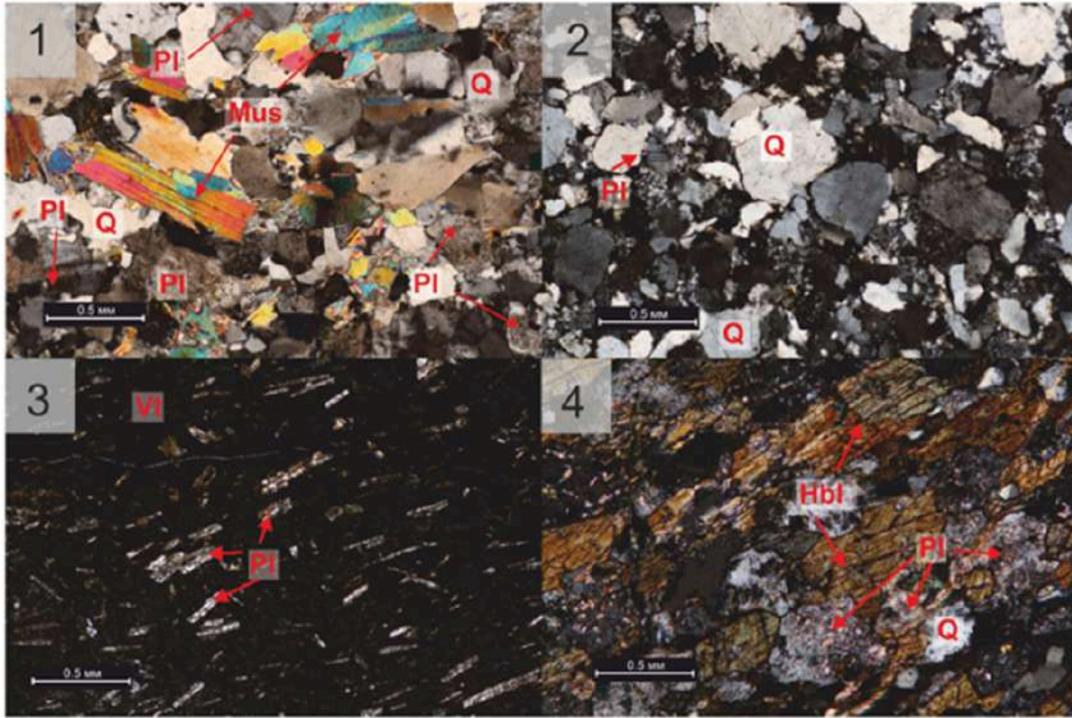
1. Направление палеосноса моласс; 2. Ось Транскавказского поднятия.

Приложение 26.

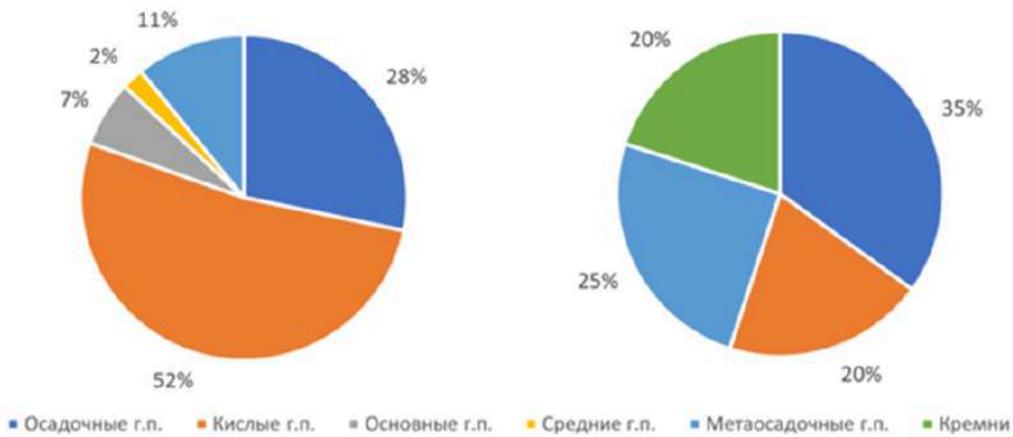


Фотографии шлифов полимиктовых песков, а также, отдельных зерен горных пород и минералов гавердовской свиты (Ломов и др., 2025, в печати). А – неокатанный обломок калиевого полевого шпата,  $\times 100$ , н. х.; Б – полуокатанный обломок кварцита с грано-лепидобластовой структурой,  $\times 100$ , н. х.; В – песок полимиктовый разнозернистый с гравийными обломками,  $\times 25$ , н ||; Г – состав песка гавердовской свиты в процентах по результатам оптической микроскопии (1 – кварц; 2 – калиевые полевые шпаты; 3 – обломки пород).

Приложение 2в.



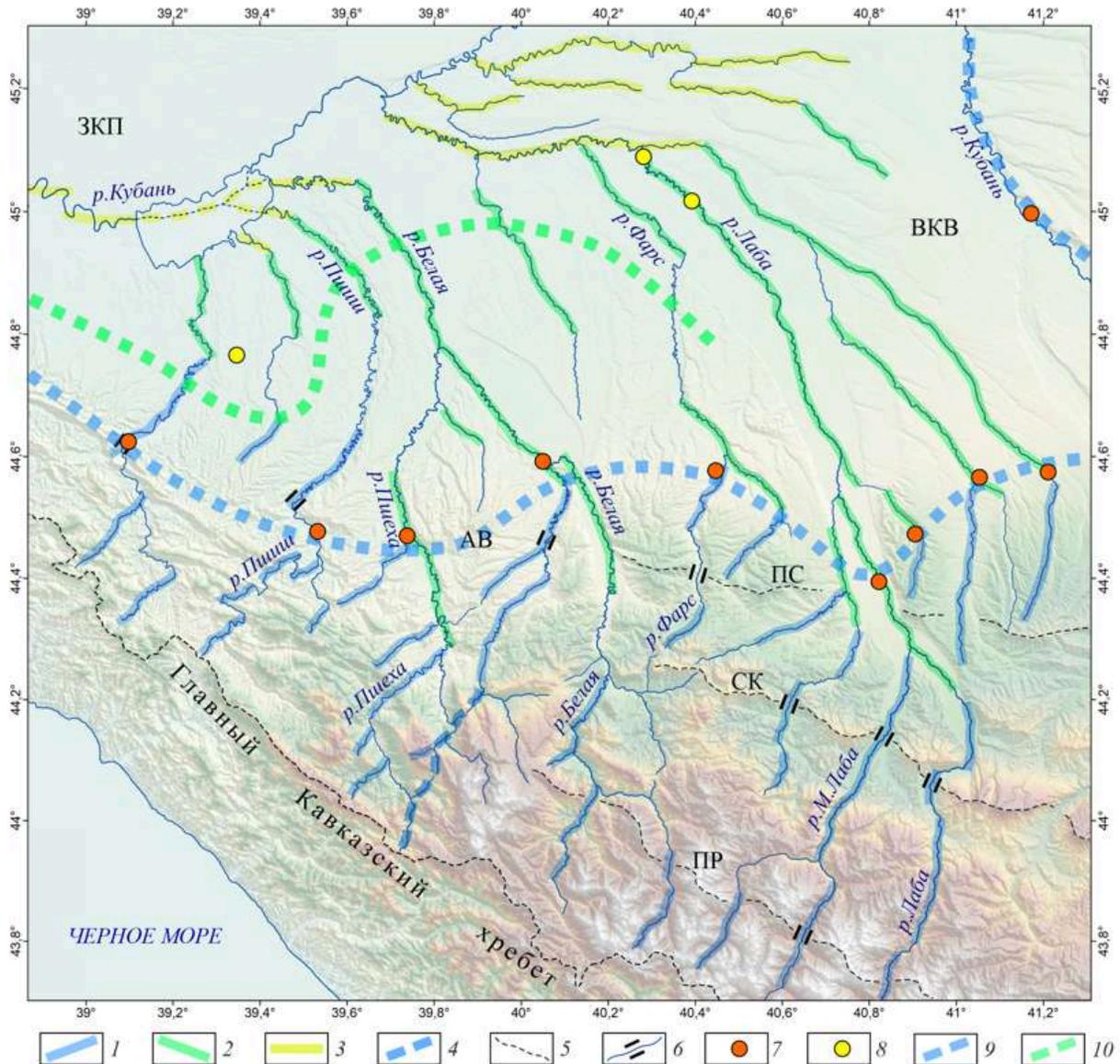
Нижнебелореченская подсвита      Среднебелореченская подсвита



Фотографии шлифов при скрещенных николях и увеличении х5. 1 – сильно тектонизированный мусковитовый гранит (шлиф НБ-22-2/46); 2 – монокристовый кварцевый песчаник (шлиф НБ-22-2/3); 3 – андезидацит с гиалопилитовой структурой (шлиф НБ-22-2/41); 4 – габбро-диорит (шлиф НБ-22-2/47). н. скр., увел. х5 (Ломов и др., 2025, в печати).

Pl – плагиоклаз, Q – кварц, Mus – мусковит, Vt – вулканическое стекло, Hbl – роговая обманка; ниже - петрографический состав ниже- и среднебелореченской подсвет

Приложение 3а.

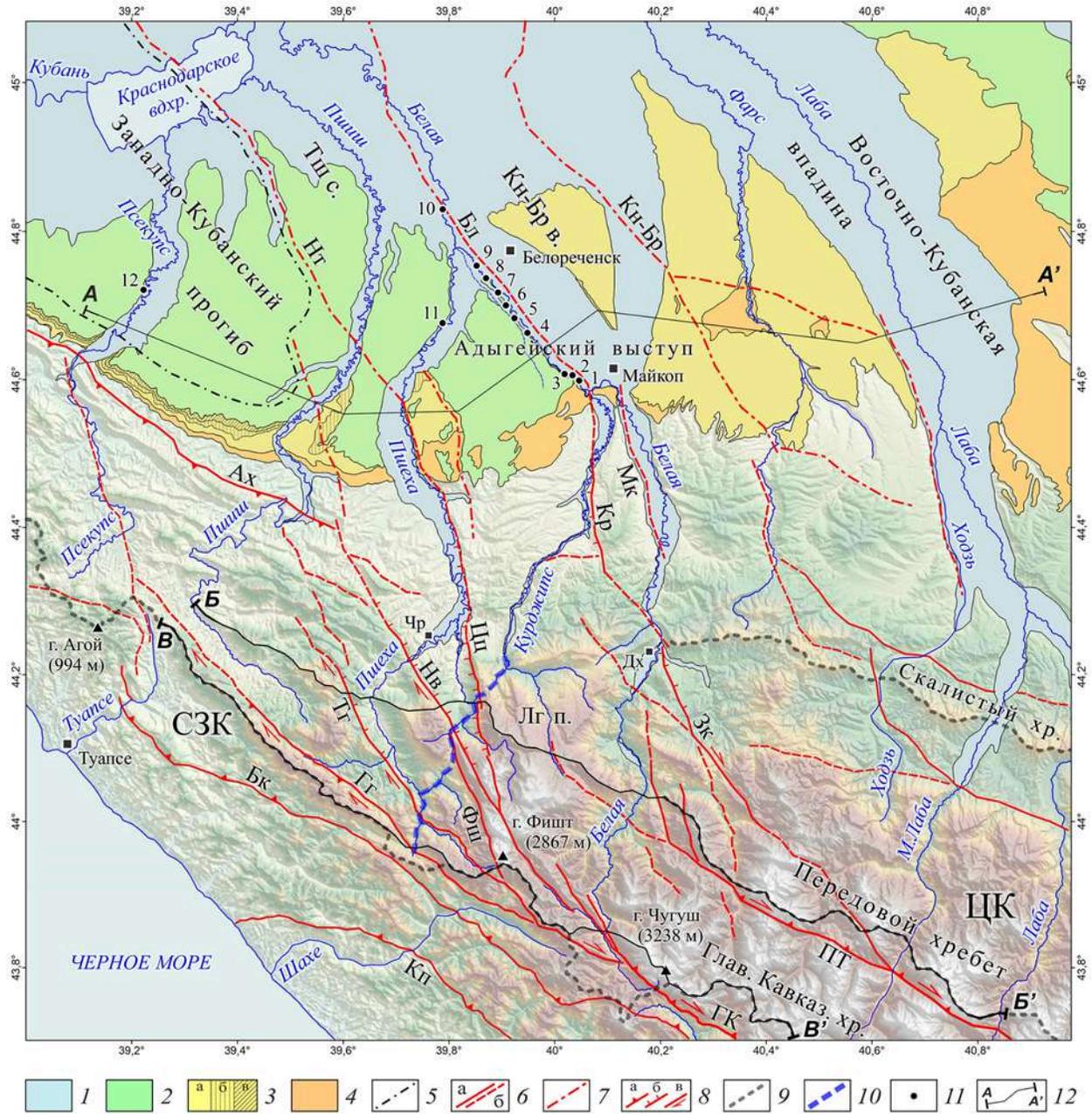


Карта преобладающих направлений речного стока в пределах северного склона и предгорий Западного Кавказа (Трихунков и др., в печати).

1 – участки долин СВ направления, заложившиеся на раннеорогенном этапе (сармат), поперечные Главному Кавказскому хребту и характерные для горной области; 2 – участки долин СЗ направления, сформированные на позднеорогенном этапе (эоплейстоцен), ориентированные в сторону восточной части Западно-Кубанского прогиба и характерные

для предгорий и предгорной низменности; 3 – современные участки долин широтного простирания, ориентированные в сторону устья р. Кубань; 4 – предполагаемая долина палео-Курджипса, перехваченная впоследствии водотоками современного бассейна р. Пшеха; 5 – водораздельные линии хребтов; 6 – наиболее характерные примеры антецедентных участков долин, заложившихся на позднеорогенном этапе во время формирования передовых хребтов. Буквами обозначены: ЗКП – Западно-Кубанский прогиб, ВКВ – Восточно-Кубанская впадина, АВ – Адыгейский выступ; хребты: ПР – Передовой, СК – Скалистый, ПС – Пастбищный; 7 – выходы позднесарматских отложений; 8 – морские куяльницкие отложения по данным бурения (Стратиграфия..., 1986; Государственная..., 2022); 9 – предполагаемая граница позднесарматской трансгрессии; 10 – предполагаемая граница куяльницкой трансгрессии.

Приложение 36.



Геолого-геоморфологическая карта (со снятым чехлом среднеплейстоценовых отложений) (Трихунков и др., в печати).

1 – отложения верхнего плейстоцена и голоцена; 2 – плиоцен-четвертичные субконтинентальные и континентальные отложения белореченской свиты (N2–QEbc, акчагыл–апшерон); 3 – надсарматские субконтинентальные отложения: а – гавердовская

свита ( $N_{1gv}$ , верхний сармат–мэотис), б – песчано-глинистая толща ( $N_{1pg}$ , понт), в – дышевская толща ( $N_{1ds}$ , киммерий); 4 – блиновская свита ( $N_{1bl}$ , низы среднего сармата–верхний сармат); 5 – граница распространения вскрытых скважинами морских кувальницких отложений; 6 – подошва майкопской серии ( $P_3$  – нижний олигоцен); 7 – новейшие разломы: а – установленные (Ах – Ахтырский, Гг – Гогопсинский, ГК – Главный Кавказский, Зк – Заканский, Кр – Курджипский, Нв – Навагинский, ПТ – Пшекиш-Тырныаузский, Тг – Тугупсинский, Фш – Фиштинский, Цц – Цицинский), б – предполагаемые (Бл – Белореченский, Мк – Майкопский); 7 – разломы, установленные геофизическими методами (Кн-Бр – Каневско-Березанский, Нт – Новотитаровский); 8 – орографические элементы (СЗК – Западный Кавказ, ЦК – Центральный Кавказ, Лг п. – плато Лагонаки); 9 – водораздельные линии хребтов; 10 – палеодолина р. Курджипс; 11 – изученные разрезы моласс; 12 – линии геолого-геоморфологических профилей. Структуры северного продолжения Адыгейского выступа: Тш с. – Тимашевская ступень, Кн-Бр в. – Каневско-Березанский вал.

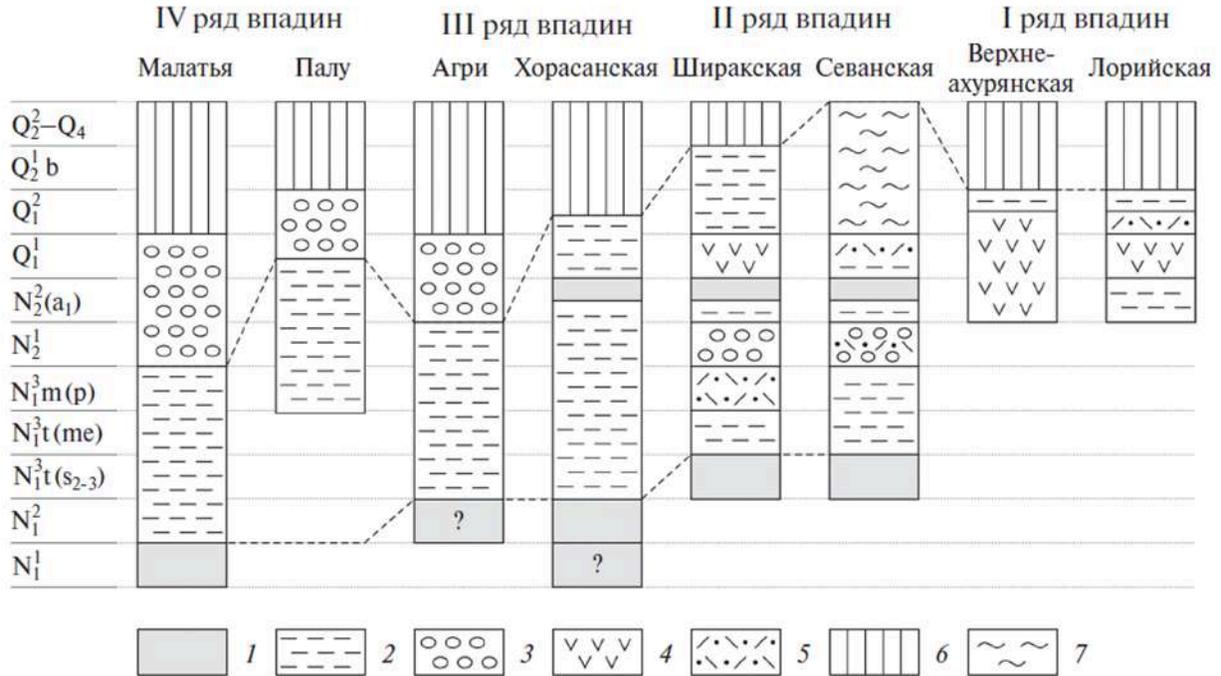
Приложение 4а.

№	Название впадины	Разломы		Глубинные перемещения*	Офиолиты под впадинами	Офиолиты на обрамлении впадин	Изначальные депрессии**	Запруживающие поднятия***
		Сдвиги	Другие разломы					
1	Лорийская	–	□	□	–	–	•	–
2	Верхнеахурянская	–	□	■	–	–	•	□
3	Большой Севан	•	–	•	–	□	–	–
4	Малый Севан	■	–	•	–	□	–	–
5	Ширакская	–	□	■	–	–	–	□
6	Сусузская	–	□	■	–	–	–	–
7	Арагатская	–	□	■	–	–	–	□
8	Агри	–	□	•	–	–	–	–
9	Хорасанская	□	□	□	–	□	–	–
10	Пасинлерская	□	□	□	–	□	–	–
11	Эрзурумская	□	□	•	–	•	–	–
12	Чайирли–Терджан	–	–	–	•	–	–	–
13	Синклиналь Кованджилар	–	■	–	–	–	–	–
14	Малатья	–	■	–	–	–	–	–
15	Кангальская	–	–	□	•	–	–	–
16	оз. Хазар	■	–	–	–	–	–	–
17	Фиолетовская	■	–	–	•	–	–	–
18	Ванадзорская	■	–	–	•	–	–	–
19	Эрзинджанская	■	–	–	•	□	–	–

Геодинамические факторы, предопределившие образование и/или структуру впадин (Trifonov et al., 2024).

Примечание. \* – глубинные перемещения горных пород, отраженные проявлениями вулканизма, происходившего вокруг или внутри впадины одновременно с ее погружением и/или непосредственно перед ним; \*\* – наличие депрессии к началу зафиксированного погружения впадины; \*\*\* – образование деформационных (или вулканических) поднятий вокруг впадины (или на участке стока из нее); интенсивность проявления геодинамического фактора: ■ – определяющая, • – существенная, – слабая.

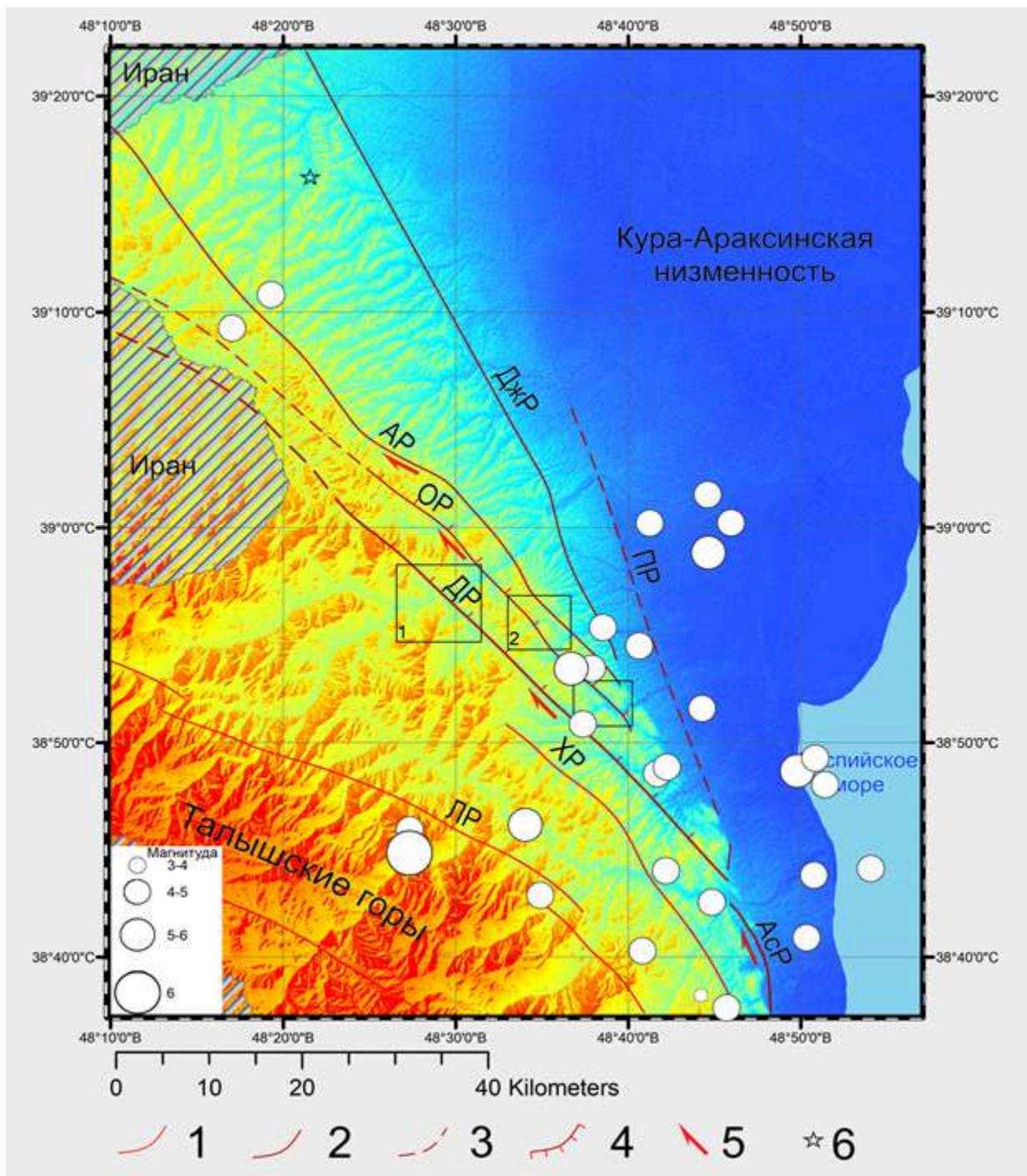
Приложение 4б.



Изменение с юга на север режима развития новейших впадин (Trifonov et al., 2024).

1 – морское осадконакопление; 2 – озерно-аллювиальное осадконакопление с преобладанием тонкообломочного материала (равнинная и низкогорная суша на окружении впадин); 3 – преимущественно аллювиальное осадконакопление с большой долей грубообломочного материала (низко-среднегорные деформационные поднятия на окружении впадин); 4–5 – свидетельства вулканической деятельности на обрамлениях впадин: 4– лавы, 5 – туфогенные породы; 6 – вовлечение впадины в общее поднятие региона; 7 – относительное опускание впадины на фоне общего поднятия региона.

Приложение 5а.

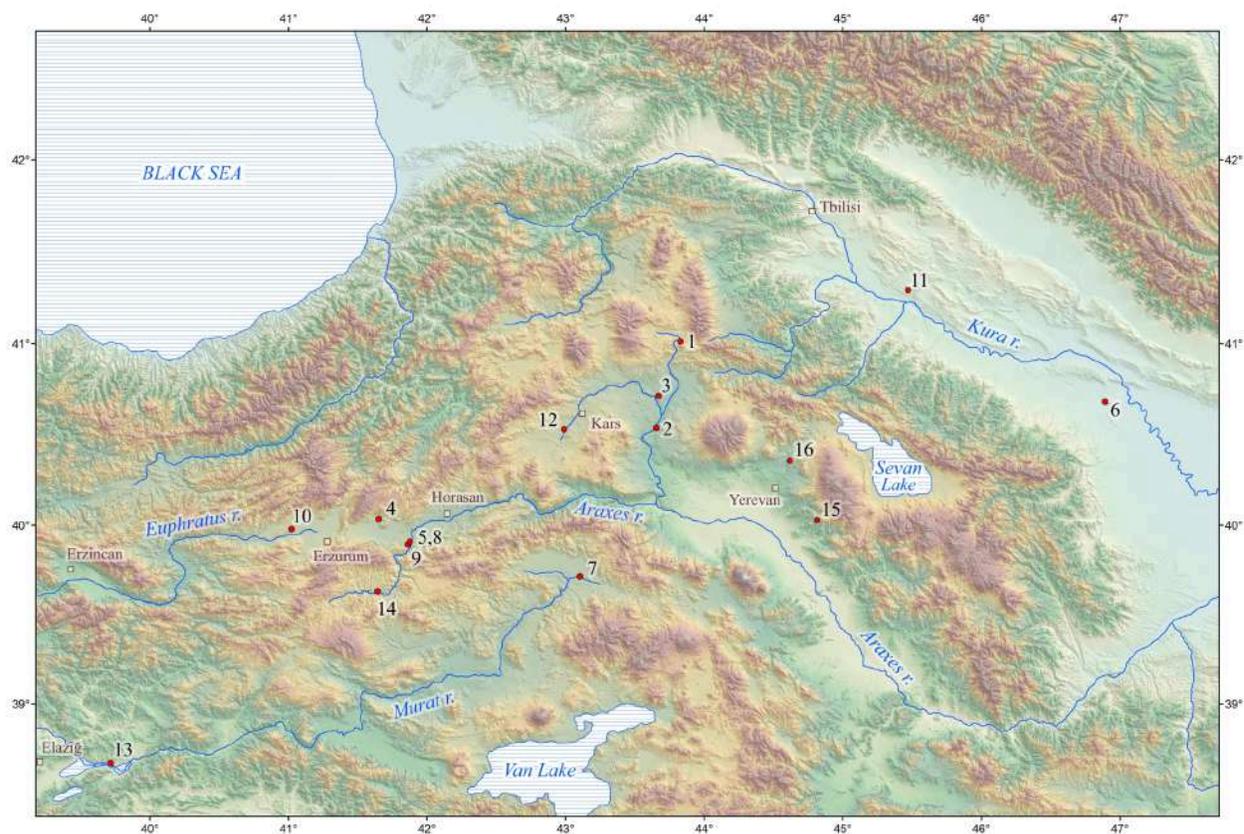


Карта активных разломов Азербайджанского Талыша и прилегающих районов Кура-Араксинской впадины на основе дешифрирования цифровой модели рельефа с разрешением 3 с. (Consortium..., 2010) с очагами землетрясений с 1950 г (по USGS, 2024).

Цифрами обозначены: 1 – разломы по (Zelenin et al., 2022); 2 – разломы, установленные в ходе полевых работ; 3 – предполагаемые разломы; 4 – сбросы; 5 – сдвиги; 6 – точка обнаружения акчагыльских отложений.

Аббревиатуры: ДжР – Джалилабадский разлом; АР – Алашарский разлом; ОР – Осакуджинский разлом; ДР – Дырьянский разлом; АсР – Астаринский разлом; ХР – Херовабадский разлом; ЛР – Лерикский разлом; ПР – Предталышский разлом.

## Приложение ба

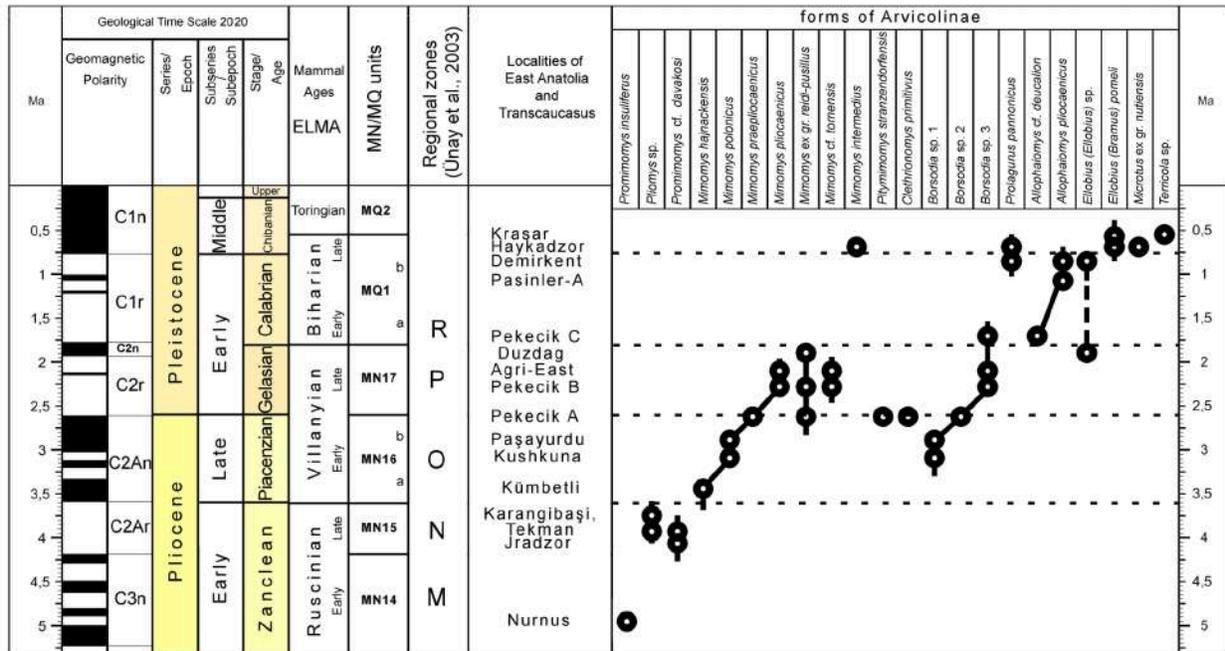


Схематическая карта, показывающая географическое положение рассматриваемых плио-плейстоценовых местонахождений (Tesakov et al., 2024).

1. Красар, 2. Айкадзор, 3. Демиркент, 4. Пасинлар-А, 5. Пекеджик С, 6. Дуздаг, 7. Агри-Ист, 8. Пекеджик В, 9. Пекеджик А, 10. Пашаюрду, 11. Кушкуна, 12. Кюмбетли, 13. Карангибаши, 14. Текман, 15. Радзор, 16. Нурнус.

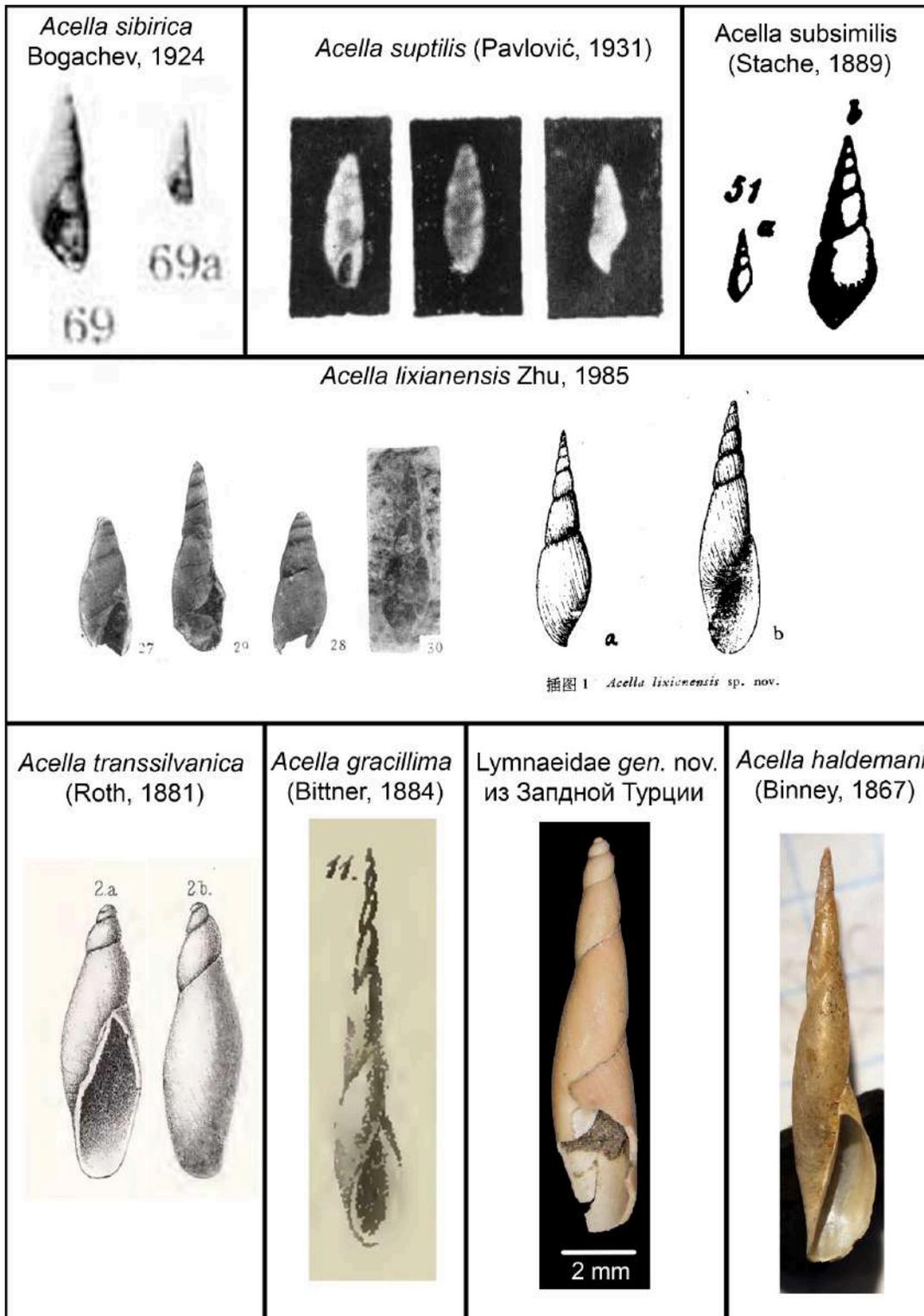
Приложение 66

Биохронология плио-плейстоцена Восточной Турции и западного Закавказья (Tesakov et al., 2024).



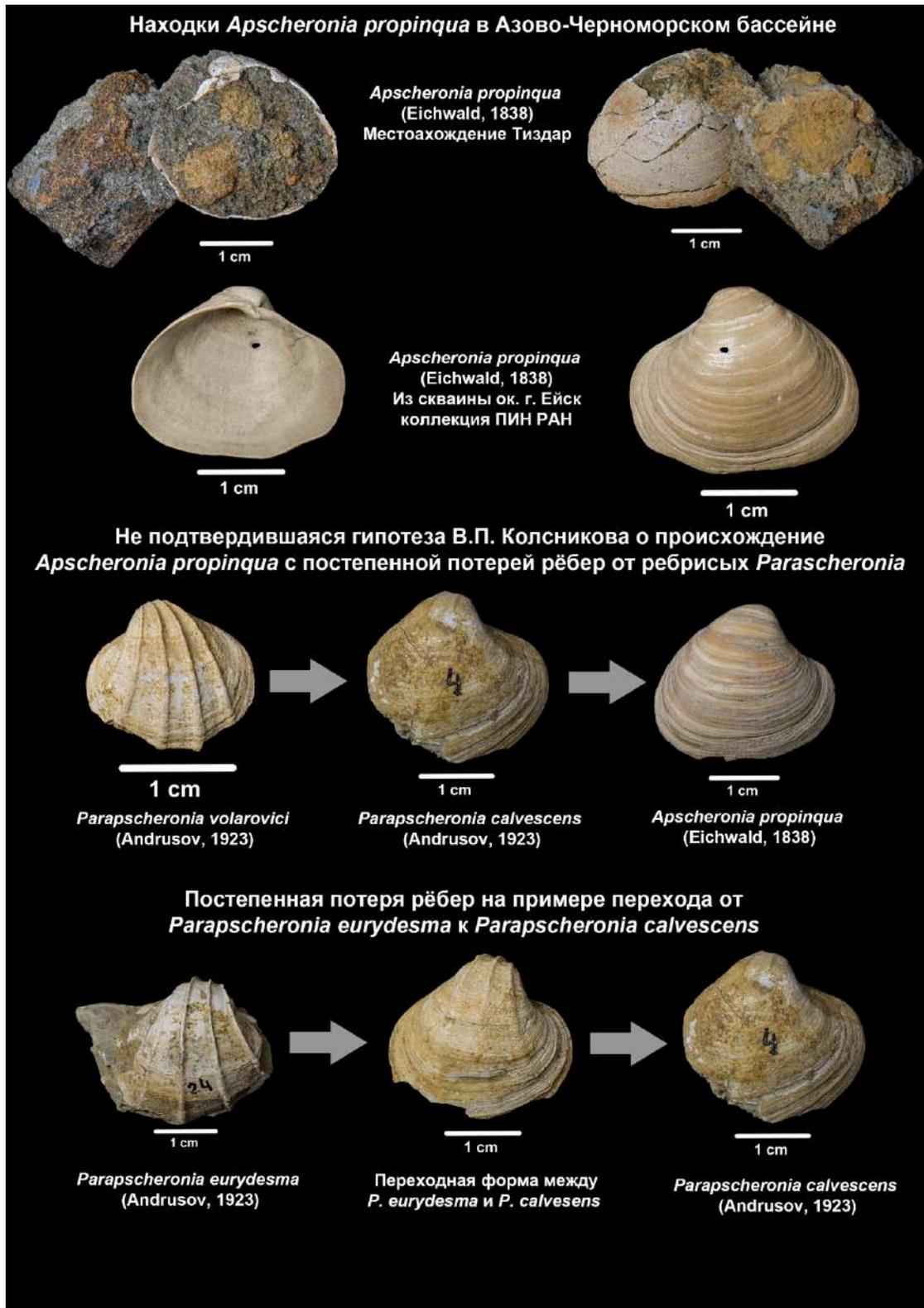
Стратиграфическое последовательность опорных местонахождений мелких позвоночных и распространение основных таксонов полевок Arvicolinae и их филетические связи. (Tesakov et al., 2024).

Приложение 7.



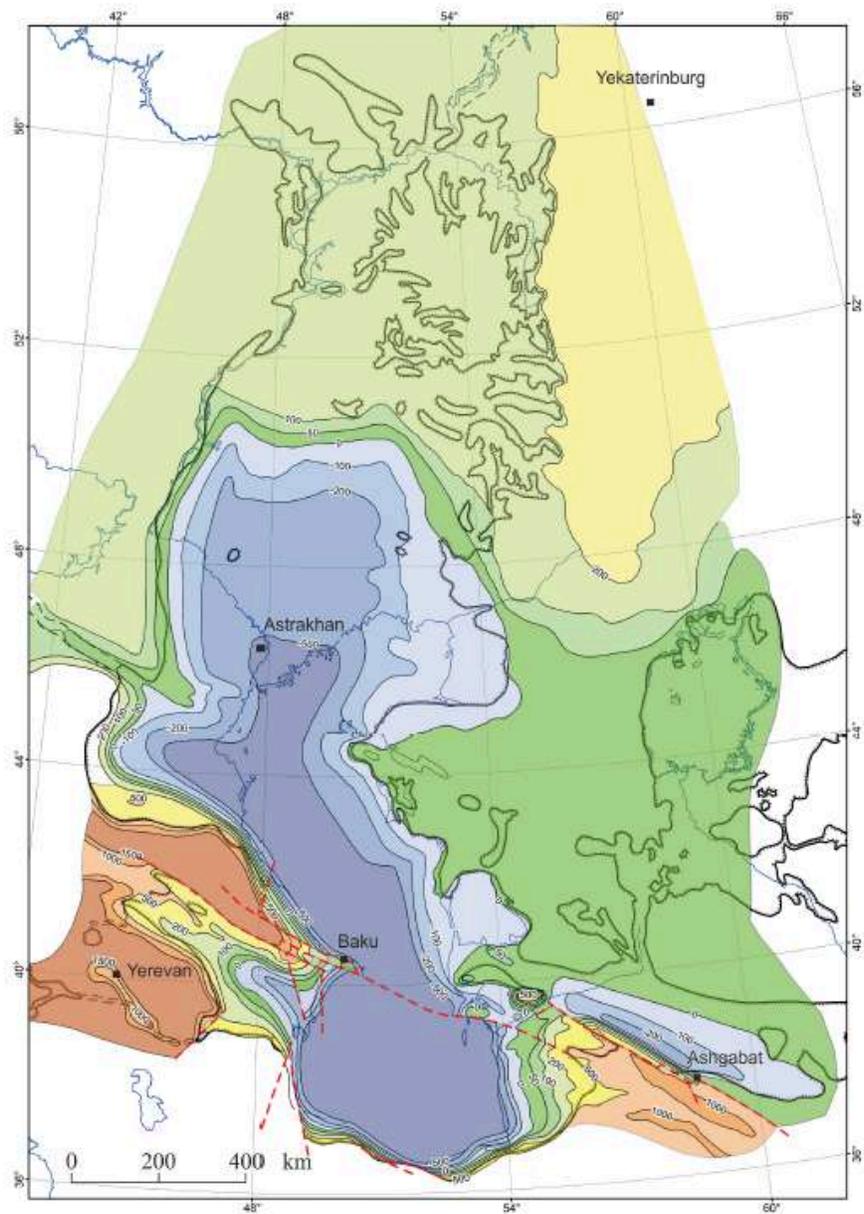
Изображение всех валидных видов рода *Acella* из работ, где они были описаны, а также наша *Acella*-подобная форма из плиоцена Западной Турции и типовой вид рода - *Acella haldemani* (Binney, 1867)

Приложение 8.



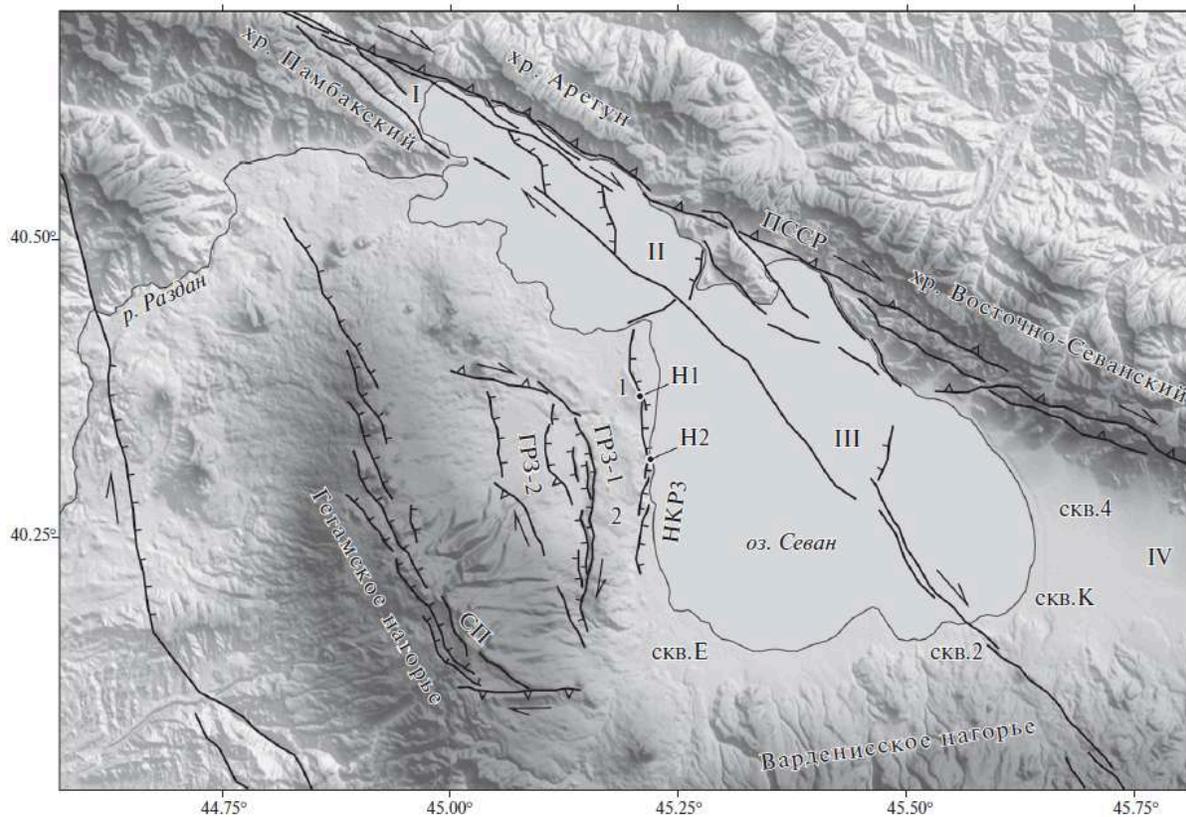
Находки *Apscheronia propinqua* (Eichwald, 1838) в Азово-Черноморском регионе, и одна из гипотез её происхождения.

Приложение 9.



Карта амплитуд пост-акчагыльских вертикальных движений Кавказско-Каспийского региона, установленных по уровневой поверхности акчагыльских отложений (Trifonov et al, 2024)

## Приложение 10.



Позднекайнозойская структура Севанской межгорной впадины и ее юго-западного обрамления (Шалаева и др., 2022)

Обозначено (римские цифры): I – Цовагюхский грабен; II – Малый Севан (пулл-апарт); III – прогиб Большого Севана; IV – Масрикская впадина.

Обозначено (арабские цифры): 1 – Норатусский сброс; 2 – Гаварский горст.

Разломные зоны: ПССР – Памбак-Севан-Сюникская; НКРЗ – Норатус-Канагехская; СП – Спитаксарская. Ветви Гаварского разлома: ГРЗ-1 – северо-восточная; ГРЗ-2 – юго-западная. Обнажения плиоцен–четвертичных отложений: Н1 – Норатус-1; Н2 – Норатус-2. Скважины: скв. 2 – Норакерт; скв. 4 – Насосная; скв. Е – Еранос; скв. К – Карчахпюр-1.

## Список литературы

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Скифская. Лист L-37-XXIX (Курганинск). Объяснительная записка [Электронный ресурс] / В. Ф. Печенюк, Г. А. Письменская, В. С. Шишов и др.; Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ», АО «Кавказгеолсъемка». – Электрон. текстовые дан. – М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2022
2. Зыкин В.С. Стратиграфия и эволюция природной среды и климата в позднем кайнозое юга Западной Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во "Гео", 2012. - 487 с.
3. Ломов В.С., Трихунков Я.И., Юшин К.И., Бачманов Д.М., Тесаков А.С., Лыков Н.А. Верхние молассы Предкавказского прогиба как индикатор новейшего горообразования Западного Кавказа (на примере бассейна р. Белая)// Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2025. № 1. Вып. 65 (в печати)
4. Ломов В.С. Верхние молассы Предкавказского прогиба как индикатор новейшего горообразования Западного Кавказа (на примере бассейна р. Белая). // Международная конференция: XXXI Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов-2024" (секция Динамическая геология), МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 18 апреля 2024
4. Николаева А.Д., Тесакова Е.М. Генезис куяльницких отложений таманского карьера «Плевака» по остракодам (предварительные результаты) // Международная конференция: XXXI Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов-2024" (секция Палеонтология), МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 18 апреля 2024
5. Николаева А.Д., Тесакова Е.М. Остракоды и условия формирования разреза Плевака (Южное Приазовье) в позднем куяльнике (ранний плейстоцен) // Всероссийская конференция: XX всероссийская научная школа молодых ученых-палеонтологов, ПИН РАН, Москва, 7-9 октября 2024
6. Николаева А.Д., Тесакова Е.М., Фролов П.Д., Тесаков А.С. 2024а. Сверления на остракодах из позднего плиоцена восточной Турции. Палеострат. ПИН РАН: Москва. С.58-59.
7. Николаева А.Д., Тесакова Е.М., Фролов П.Д., Тесаков А.С. 2024б. Остракоды позднего плиоцена Эрзурумского бассейна (Восточная Турция). Материалы LXX сессии Палеонтологического общества, Институт Карпинского, Санкт-Петербург: Палеонтологическое общество РАН. С.116–117.
8. Стратиграфия СССР. Неогеновая система. Полутом 1. М.: Недра, 1986. 158 с.
9. Тесаков А.С. 2004. Биостратиграфия среднего плиоцена - эоплейстоцена Восточной Европы (по мелким млекопитающим). Москва: Наука, 247 с.
10. Тесаков А.С., Бондарев А.А., Фролов П.Д. Исаковка 4 – новое местонахождение наземной биоты раннего плейстоцена Западной Сибири // Материалы LXII сессии

Палеонтологического общества 4-8 апреля 2016 г., ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург: Палеонтологическое общество РАН. С.276-277.

11. Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Ломов В.С., Соколов С.А., Шалаева Е.А., Юшин К.И. Неотектонические деформации речной сети Западного Кавказа и Предкавказья // Материалы LV Тектонического совещания «Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2024». Москва: ГЕОС. 2024. Том 2. С. 227-232

12. Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Маринин А.В., Тверитинова Т.Ю., Ломов В.С. Новейшее горообразование Центрального и Северо-Западного Кавказа, разделенных Пшехско-Адлерской зоной нарушений // Геоморфология и палеогеография (подготовлена к сдаче)

13. Трихунков Я.И., Бачманов Д.М., Тесаков А.С., Ломов В.С., Титов В.В., Симакова А.Н., Латышев А.В., Сыромятникова Е.В., Шалаева Е.А., Соколов С.А., Медведев А.Х., Гаврилов Л.Н. Верхние молассы Восточно-Кубанского краевого прогиба как источник данных о неотектонике и палеогеографии Западного Кавказа и Предкавказья // Тектоника и геодинамика земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2023. Материалы LIV Тектонического совещания. Том 2. Москва, ГЕОС. 2023. С. 260–267.

14. Трихунков Я.И., Çelik H., Ломов В.С., Трифонов В.Г., Бачманов Д.М., Karginoglu Y., Соколов С.Ю. Геологическая позиция, структурные проявления Эльбистанского землетрясения и тектоническое сравнение двух сильнейших сейсмических событий 06.02.2023 г. в Восточной Турции // Геотектоника. - 2024. - №3. - С. 108-126. doi: 10.31857/S0016853X24030054

15. Фролов П.Д., Тесаков А.С., Иванова А.В., Куршаков С.В., Сыромятникова Е.В. Между двух морей: поздний плиоцен Тамани. Природа, 2024, 2, С.1–14. doi: 10.7868/S0032874X24020014

16. Челик Х, Трифонов В.Г., Тесаков А.С., Соколов С.А., Фролов П.Д., Симакова А.Н., Шалаева Е.А., Беляева Е.В., Якимова А.А., Зеленин Е.А., Латышев А.В., Бачманов Д.М. Позднеплиоценовая дельта гильбертового типа и раннеплейстоценовая перестройка системы речного стока в Эрзурумской впадине, Северо-Восточная Турция. Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2023, том 31, № 6, с. 161–182. DOI: 10.31857/S0869592X23060029 (a)

17. Тектонические аспекты восточно-анатолийского землетрясения 06.02.2023 г. в Турции\* / Х. Челик, Я. И. Трихунков, С. А. Соколов [и др.] // Физика Земли. – 2023. – № 6. – С. 5-23.

18. Якимова А.А., Тесаков А.С. Новая форма плиоценовой полевки из Турции. Материалы LXX сессии Палеонтологического общества, Институт Карпинского, Санкт-Петербург: Палеонтологическое общество РАН. 2024. С.282–284. (b)

19. Яхимович В.Л., Сулейманова Ф.И., Данукалова Г.А., Попова-Львова М.Г., Яковлев А.Г., Ахлестина Е.Ф., Немкова В.К., Алимбекова Л.И. Опорный разрез плиоцена и плейстоцена Домашкинские Вершины // Уфа: Гилем. 2000. 96 с.

20. Andrusov, N.I., 1902 Contributions to the knowledge of the Caspian Neogene: The Akchagyl layer. Mémoires du Com. Géologique XV 174 (in Russian and German).

21. Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI), SRTM 90m Digital Elevation Database v.4.1 (2017). Available from: <http://srtm.csi.cgiar.org/>
22. Frolov P.D., Tesakov A.S., Popov S.V. and Chepalyga A.L. New data on the distribution of the genus *Apscheronia* in the Euxinian basin. Abstract Book, “100 years of the Paratethys (Laskarev, 1924) – Conceptual History and Modern Challenges”. RCMNS Interim Colloquium & INHIGEO conference, September 30 – October, 1 2024, Belgrade. P. 16.
23. Irrlitz, W., 1972. Lithostratigraphie und tektonische Entwicklung des Neogens in Nordostanatolien. (Känozoikum und Braunkohlen der Türkei. 6.). Beihefte zum Geologischen Jahrbuch 120, 3–111.
24. Krijgsman W., Tesakov A., Yanina T., Lazarev S., Danukalova G., Van Baak C.G.C., Agustí J., Alçiçek M.C., Aliyeva E., Bista D., Bruch A., Büyükmeriç Y., Bukhsianidze M., Flecker R., Frolov P., Hoyle T.M., Jorissen E.L., Kirscher U., Koriche S.A., Kroonenberg S.B., Lordkipanidze D., Oms O., Rausch L., Singarayer J., Stoica M., van de Velde S., Titov V.V., Wesselingh F.P. 2019. Quaternary time scales for the Pontocaspian domain: interbasinal connectivity and faunal evolution. *Earth Science Review* 188, 1–40.
25. Lazarev, S., Jorissen, E.L., van de Velde, S., Rausch, L., Stoica, M., Wesselingh, F.P., van Baak, C.G., Yanina, T.A., Aliyeva, E., Krijgsman, W., 2019. Magneto-biostratigraphic age constraints on the palaeoenvironmental evolution of the South Caspian basin during the early–middle Pleistocene (Kura Basin, Azerbaijan). *Quat. Sci. Rev.* 222, 105895.
26. Lazarev S., Kuiper K.F., Oms O., Bukhsianidze M., Vasilyan D., Jorissen E.L., Bouwmeester M.J., Aghayeva V., van Amerongen A.J., Agustí J., Lordkipanidze D., Krijgsman W. 2021. Five-fold expansion of the Caspian Sea in the late Pliocene: new and revised magnetostratigraphic and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age constraints on the Akchagylian stage. *Global Planet. Change* 206, 103624.
27. Li C., van der Hilst R. D., Engdahl E.R., Burdick S. 2008. A new global model for P-wave speed variations in Earth’s mantle. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 9, 1–21.
28. Ozherelyev D.V., Trifonov V.G., Çelik H., Trikhunkov Ya.I., Frolov P.D., Simakova A.N. . Early Palaeolithic evidence from the Euphrates River basin, Eastern Turkey // *Quaternary International*. 2019. vol. 509. p. 73-86.
29. Ranjan P.B., Titov V.V., Patnaik R., Tesakov A.S. Progress in Comparison of Elephantidae Fauna Based on Dental Study between the Plio-Pleistocene of the South of Eastern Europe and the Upper Siwaliks of India. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2023, Vol. 31, No. 6, P. 721–736. <https://doi.org/10.1134/S0869593823060102>
30. Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Trikhunkov Ya.I., Titov V.V., Avagyan A.V., Sahakyan L.H., Simakova A.N., Frolov P.D., Sokolov S.A., Vasilyeva M.A., Bachmanov D.M., Ovakymyan G.M. The neotectonics and geological structure of the Sevan intermountain basin (Armenia): New structural and palaeontologic data // *Geotectonics*. 2023. vol. 57. no. 4. p. 446-459. <https://link.springer.com/article/10.1134/S0016852123020073>
31. Simakova A.N., Tesakov A.S., Çelik H., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I., Trifonov V.G., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ranjan P.B., Gaydalenok

- O.V., Syromyatnikova E.V., Kovaleva G.V., Vasilieva M.A. Caspian-type dinocysts in NE Turkey mark deep inland invasion of the Akchagylian brackish-water basin during the terminal Late Pliocene // *Quaternary International*. 2021. vol. 605-606. p. 329-348.
32. Tesakov, A.S.; Frolov, P.; Simakova, A.; Yakimova, A.; Titov, V.; Ranjan, P.; Çelik, H.; Trifonov, V. Plio-Pleistocene Small Mammal-Based Biochronology of Eastern Anatolia and Transcaucasus. *Quaternary* 2024, 7, 42. <https://doi.org/10.3390/quat7040042>
33. Trifonov V.G., Tesakov A.S., Simakova A.N., Gaydalenok O.V., Frolov P.D., Bylinskaya M.E., Trikhunkov Ya.I., Bachmanov D.M., Çelik H., Hessami K. Geological and biotic context of the Plio-Pleistocene evolution of the Caucasus-Caspian Region (Akchagylian transgression) // *Quaternary Intern.* 2023. vol. 686-687. p. 120-141.
34. Trifonov V.G., Tesakov A.S., Simakova A.N., Bachmanov D.M. Environmental and geodynamic settings of the earliest hominin migration to the Arabian-Caucasus region: A review // *Quaternary International*. 2019. vol. 534. p. 116-137.
35. Trifonov, V.G., Tesakov, A.S., Simakova, A.N. et al. Comparison of Neotectonic Intermontane Basins of Northern Armenia and Eastern Turkey. *Geotecton.* 58, 344–367 (2024). <https://doi.org/10.1134/S0016852124700262>
36. Trikhunkov Ya.I., Kengerli T.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Latyshev A.V., Simakova A.N., Popov S.V., Bylinskaya M.E., Aliyev F.A. Evaluation of Plio-Quaternary uplift of the South-Eastern Caucasus based on the study of the Akchagylian marine deposits and continental molasses // *Quaternary International*. 2021. vol. 605-606. p. 349-363
37. Trikhunkov, Y.I., Bachmanov, D.M., Tesakov, A.S. et al. Upper Pliocene–Lower Pleistocene Upper Molasse Belorechensk Formation of Western Ciscaucasia in Context of Regional Neotectonics and Paleogeography. *Stratigr. Geol. Correl.* 32, 348–373 (2024). <https://doi.org/10.1134/S0869593824700059> (a)
38. Trikhunkov Ya.I., Çelik H., Lomov V.S., Trifonov V.G., Bachmanov D.M., Karginoglu Y., Sokolov S.Yu. 2024. Geological Position, Structural Manifestations of the Elbistan Earthquake and Tectonic Comparison of Two Strongest 06.02.2023 Seismic Events in Eastern Turkiye. *Geotecton.* 58, 368–383. <https://doi.org/10.1134/S0016852124700250> (b)
39. USGS earthquakehazards program [dataset] : <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards>
40. Uspenskaya, N.Yu, 1931 Kardiidy akchagyla [Cardiidae of Akchagylian] (*C. radiferum*, *C. dahestanicum*, *C. nikitini*). In: *Proc. Main Geol. Explor. Dep., USSR Supr*, vol. 121 Council Nat. Econ., Moscow, p. 28 (in Russian).
41. Trifonov V.G., Tesakov A.S., Simakova A.N., Gaydalenok O.V., Frolov P.D., Bylinskaya M.E., Trikhunkov Ya.I., Bachmanov D.M., Çelik H., Hessami K. 2024. Geological and biotic context of the Plio-Pleistocene evolution of the Caucasus-Caspian Region (Akchagylian transgression). *Quaternary International*, 686-687, 120-141. doi:10.1016/j.quaint.2023.03.011
42. Zelenin E.A, Bachmanov D.M., Garipova S.T., Trifonov V.G., Kozhurin A.I. The Active Faults of Eurasia Database (AFEAD): the ontology and design behind the continental-scale dataset // *Earth System Science Data*. 2022 vol. 14 p. 4489-4503.